



CONSEIL INTERNATIONAL DES UNIONS SCIENTIFIQUES
INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS

UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE
INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology

Bulletin de l'Association Internationale
d'Hydrologie Scientifique

N° 13

MARS 1959
MARCH 1959

Abonnement : 150 f. b.

Subscription : 150 b. f.
for one year

Published on behalf of
THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENTIFIC HYDROLOGY
by
CEUTERICK
66, RUE VITAL DECOSTER
LOUVAIN (Belgium)

REMARKS AND NOTES BY THE SECRETARY

LES PROPOS DU SECRETAIRE

1. The present issue publishes the discussions at the Chamonix Symposium on the Physics of Ice Movement, held at Chamonix in September. Mr. BAUER has kindly undertaken to set forth this discussion which seems to be the indispensable complement of publication no. 47 which contains the papers printed before the meeting.

2. The Secretaries of I.U.G.G. and its various Associations met at Paris in February. They have in particular dealt with those matters as to which the arrangements for the Helsinki Assembly required the collaboration of several associations.

3. Apart from that, certain subjects provided for discussion at Helsinki have been modified to allow for UNESCO views in such subjects and also to assure the harmonising of the scientific activities of the several associations. The details of this are given later in this issue.

4. The International Council of Scientific Unions (ISCU) has allocated to I.U.G.G. the sum of \$ 19,370, out of the UNESCO grant to the scientific unions. The sharing of this amount between the associations has given us \$ 750 to help those participating in the Symposia of Hannoversch-Münden, and \$ 1,250 for our publications.

5. Our Association proposes to arrange a symposium in 1961 on the utilisation of physical methods in investigations relating to groundwaters. We have already been assured of the co-operation of the sister-associations interested in these matters: Geodesy, Seismology, Terrestrial Electricity and Magnetism. UNESCO is taking an interest in this matter,

1. Le présent bulletin publie les discussions du Symposium de Chamonix sur la Physique du Mouvement de la Glace à Chamonix en septembre dernier. Monsieur BAUER a bien voulu se charger de la mise au point de cette discussion qui nous paraît le complément indispensable de la publication n° 47 contenant les communications imprimées avant la réunion.

2. Les Secrétaires de l'U.G.G.I. et de ses différentes associations se sont réunis à Paris en février dernier. Ils ont notamment mis au point ce qui dans l'organisation de l'Assemblée d'Helsinki exigeait une collaboration de plusieurs associations.

3. D'autre part, certaines questions à traiter à Helsinki ont été aménagées pour tenir compte de certaines tendances actuelles de l'UNESCO et aussi pour s'efforcer d'harmoniser les activités scientifiques des diverses associations. On trouvera les détails sur ce sujet dans ce bulletin.

4. L'I.C.S.U. a réservé à l'U.G.G.I. une somme de 19,370 \$ provenant des subventions de l'UNESCO aux Unions Scientifiques. La répartition de cette somme entre les diverses associations nous a donné 750 \$ pour aide aux participants du Symposium de Hannoversch-Münden, et 1,250 \$ pour nos publications.

5. Notre Association se propose d'organiser en 1961 un Symposium sur l'Utilisation des méthodes géophysiques dans les recherches relatives aux eaux souterraines. Nous nous sommes déjà assuré la collaboration des Associations-sœurs intéressées par ces questions : Géodésie, Seismologie, Electricité et Magnétisme terrestres. L'UNESCO porte un

especially if emphasis be laid on the application of the methods to arid zones. The symposium should in particular take place in a country containing arid zones.

6. The matter of international co-operation in the field of water resources continues to stimulate various actions and reactions on the part of the international governmental organizations concerned. We shall try to keep you posted on the development of this subject.

7. Your Secretary notices from time to time, in reading letters and requests, that the Bulletin is not always read with enough attention. You could perhaps reply that it is because he does not make it sufficiently interesting or attractive. If that is the reason, he promises you to do better, if you will let him know how he ought to change his way of doing things.

He has however the feeling, presumptuous though it be, that this lack of taking note of what is said arises because your interest in the affairs of the Association cannot always attain its full measure, owing to the more and more engrossing as well as numerous demands of life itself. Pray believe that he too has many other things to do and yet never neglects «his» association. He therefore would ask you to spare, once every three months, a half-hour for reading this Bulletin. For his part he has spent hours in getting it under way and he is convinced that you will not regret it.

certain intérêt à ces recherches, surtout si nous mettons l'accent sur leur utilisation en zones arides. Ce Symposium devrait notamment prendre place dans un pays présentant des zones arides.

6. La question de la coopération internationale dans le domaine des ressources hydrauliques continue à provoquer des actions et des réactions diverses de la part des organisations gouvernementales internationales intéressées. Nous essayerons de vous tenir au courant des développements de la question.

7. Votre secrétaire s'aperçoit de temps en temps, à la lecture de certaines lettres et demandes, que son bulletin n'est pas toujours lu avec suffisamment d'attention. Peut-être pourriez-vous lui répondre que c'est parce qu'il ne le rend pas assez intéressant ou attrayant. Si c'est là la raison, il vous promet de faire mieux si vous lui faites savoir ce qu'il doit modifier à sa façon de faire.

Mais le Secrétaire a plutôt le sentiment (c'est assez prétentieux de sa part) que sa prise de connaissance insuffisante provient plutôt de ce que votre intérêt pour les affaires de l'Association ne peut toujours atteindre sa pleine mesure par suite des multiples nécessités de plus en plus accaparantes de la vie actuelle. Croyez bien qu'il a lui-même beaucoup d'autres choses à faire et cependant il ne néglige jamais «son» Association. Il se met dès lors de vous demander d'accorder tous les trois mois, une demi-heure à la lecture de ce bulletin : il a, pour sa part, passé des heures à le mettre sur pied et il est convaincu que vous ne le regretterez pas.

PARTIE ADMINISTRATIVE

I. A. H. S.

SYMPOSIUM AT HANNOVERSCH-MUNDEN 8-13 SEPTEMBER 1959 WATER AND WOODLANDS» «LYSIMETERS»

1. Those who intend to take part in this symposium are requested to send me forthwith a short letter:

- i) informing me of their intention to attend the meeting;
- ii) stating whether they expect to bring with them any members of their family;
- iii) indicating whether they wish to obtain printed papers in advance.

The usual national correspondents of each country for the Association of Hydrology are requested to broadcast the above note, particularly amongst those who in their view may be able to attend the symposium.

2. The limiting dates quoted below are to be observed:

1 May 1959 for the sending of the title and the summary of a paper;

1 June 1959 for the sending of the text of the papers with all their annexes prepared for reproduction.

3. During the month of April there will be an opportunity for each one who has indicated his intention to share in the symposium.

- a) a provisional programme;
- b) a registration card whose return to the secretariat will form a definite registration;
- c) a card as to reservation of hotel-rooms completed and returned;
- d) a booklet about Hannoversch-Münden.

L. J. TISON

A. I. H. S.

SYMPOSIUM DE HANNOVERSCH-MUNDEN 8-13 SEPTEMBRE 1959 «EAU ET REGIONS BOISEES » « LYSIMETRES »

1. Ceux qui se proposent de participer à ce symposium sont priés de m'envoyer, dès à présent, une courte lettre :

- 1) me faisant part de leur intention d'assister à la réunion;
- 2) de me dire s'ils comptent amener des membres de leur famille;
- 3) d'ajouter s'ils désirent acquérir les communications imprimées à l'avance.

Les représentants habituels de chaque pays à l'Association d'Hydrologie sont priés de diffuser la note ci-dessus, particulièrement auprès de ceux qu'ils pensent pouvoir assister au symposium.

2. Les dates limites ci-dessous sont rappelées :

1^{er} mars 1959, pour l'envoi du titre et d'un résumé de la communication;

1^{er} juin 1959, pour l'envoi du texte des communications avec toutes leurs annexes préparées pour la reproduction.

3. Dans le courant d'avril, il sera fait envoi à ceux qui ont fait connaître le désir de participer au symposium :

- a) d'un programme provisoire;
- b) d'une carte d'inscription dont le renvoi à mon adresse constituera une inscription définitive. (On pourra aussi s'inscrire pour les excursions);
- c) d'une carte à renvoyer pour la réservation des hôtels;
- d) de prospectus sur Hannoversch-Münden.

L. J. TISON

GENERAL ASSEMBLY AT HELSINKI

A general statement of the subjects to be discussed by each of the Commissions has been communicated to you by Bulletin no. 7, according to what was decided at Toronto.

The Secretary has too much respect for the decisions of the Assembly to modify in whatever way the contents of this statement.

Nevertheless, he thinks it useful to take account of the following considerations:

a) UNESCO proposes to grant, in addition to its usual subventions, special aid in the form of agreements for the organization of symposia and of reviews of researches, etc. on the natural condition that the subjects proposed shall fall within its terms of reference and can help to bring about an improvement of the welfare of mankind. Amongst the major projects of UNESCO should be named those for arid zones, humid tropical zones and the oceans.

b) The Bureau of I.U.G.G. would wish the several Associations of which it is formed not to regard themselves as separated by watertight compartments and not to conceive their duty to co-operate as consisting solely of an effort to get as big a share as possible of the revenues of the Union. The idea of symposia common to several Associations has therefore been pressed.

It is to allow for these new considerations that the Secretary feels obliged, almost by himself (for he has not been allowed the time to enter into lengthy discussions by letter), to make the following proposals:

1. The first subject set for the Surface Water Commission, viz. Study of Low Discharges, has been given, in agreement with Mr. SERRA, amplifications making it of significance for certain Arid zone studies. Moreover, this item has been adjusted in such a way that it becomes a subject that concerns not only the Surface Water Commission but also those of Groundwater and Snow and Ice, perhaps even of Land Erosion also, and especially of the Association of Meteorology.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE D'HELSINKI

L'ensemble des questions à traiter chacune des commissions vous a été communiqué par le bulletin n° 7, d'après ce qui a été décidé à Toronto.

Le Secrétaire est trop respectueux des décisions de l'Assemblée pour modifier que ce soit à cet ensemble.

Toutefois, il croit utile de tenir compte des considérations suivantes :

a) L'UNESCO se propose d'accorder, plus de ses subventions habituelles, un soutien spécial sous forme de contrats pour l'organisation de symposia, de relevés de recherches, etc., à condition évidemment que les sujets qu'on lui propose rentrent dans ses préoccupations et puissent contribuer à apporter une amélioration du bien-être de l'humanité. Parmi les projets majeurs de l'UNESCO, faut citer les Régions arides, les Régions tropicales humides, la Mer.

b) Le Bureau de l'I.U.G.G.I. voudrait que les diverses associations qui la constituent ne se croient pas séparées par des cloisons étanches et que leur collaboration ne consiste pas seulement à essayer de se faire attribuer la plus grosse part possible des revenus de l'Union. L'idée de symposia communs à plusieurs Associations a été lancée.

C'est pour tenir compte de ces considérations nouvelles que le Secrétaire s'est vu forcé de faire quasi de lui-même (car on ne lui laissait guère le temps d'engager de longues consultations écrites) de faire les propositions suivantes :

1. La première question prévue pour la Commission des Eaux de surface : Etude des Bas Débits, a été traitée en collaboration avec Monsieur SERRA, des extensions qui la rendent intéressante pour certaines études de la Zone Aride. D'autre part, ce programme a été aménagé de façon à en faire une question relevant, non seulement des Eaux de Surface, mais également des Eaux Souterraines, des Neiges et Glaces (peut-être même de l'Erosion Continentale) et surtout de l'Association de Météorologie.

The programme is now as follows:

Ce programme est le suivant :

PURE HYDROLOGY

Study of Low Discharges

- Mean annual dry-weather discharges.
- Relation of dry-weather discharges to:
 - Rainless periods
 - Geological character of soils
 - Temperature (winter dry-weather)
- Values of run-off coefficients during dry-weather discharges.

Study of Run-off resulting from Snow-cover

- Run-off in the cold season
- Run-off during period of snow-melt.

HYDRO-METEOROLOGY

Droughts

- a) Characteristics – Meteorological causes
- b) Frequency of occurrence – Forecast
- c) Spatial distribution of drought periods on a large scale territorially, covering several regions or countries).
- d) Droughts throughout history in the last geological periods – Connexion between climate matter and that of the origination and existence of arid zones.

At the request of the Association of Meteorology, our Association will arrange the above to be discussed. Part B alone requires a session in commun and this is fixed for the afternoon of Wednesday the 27th July.

2. The Surface Water Commission had arranged for Helsinki a joint symposium with the Association of Oceanography on the subject of the Portions of Rivers.

There is little that needs changing in this subject to bring out the importance of the subject for the welfare of communities and its connexion with the problems of the ocean.

A. HYDROLOGIE PURE

a) Etude des bas débits

- Etiages moyens annuels.
- Liaison des étiages avec :
 - les périodes sans pluie
 - la nature géologique des sols.
 - la température (étiages d'hiver).
- Valeur des coefficients d'écoulement pendant les périodes d'étiages.

b) Etude de l'écoulement provenant de la couverture neigeuse

- Ecoulement en saison froide
- Ecoulement en période de fonte.

B. HYDRO-MÉTÉOROLOGIE

Les sécheresses

- a. Caractéristiques – Causes météorologiques.
- b. Fréquence d'apparition – Prévision.
- c. Répartition spatiale des périodes de sécheresse (à large échelle englobant plusieurs régions ou pays).
- d. Les sécheresses dans l'Histoire et les dernières périodes géologiques. – Liaison de cette question avec celle de la naissance et de l'existence des Zones Arides.

A la demande de l'Association de Météorologie, notre Association sera chargée de l'Organisation. Seule, la partie B exige une séance commune qui est fixée au mercredi 27 juillet après-midi.

2. La Commission des Eaux de surface avait prévu pour Helsinki un symposium commun avec l'Association d'Océanographie sur les Fleuves à Marée.

Il n'y avait guère de modification à faire subir à ce sujet si ce n'est d'en montrer l'importance pour le bien-être des populations et sa connexion avec les problèmes de la Mer.

3. The Groundwater Commission had planned as one of its subjects the matter of Groundwater Maps.

We have now made this a matter for a symposium with a display of maps already published, whilst asking that emphasis shall be laid on the obtaining of results concerning arid zones and in particular on the principles to be followed in attaining results.

3. Enfin, la Commission des Eaux Souterraines avait prévu pour l'un de ses sujets la question des Cartes des Eaux Souterraines.

Nous en avons fait un symposium et l'exposition de cartes déjà réalisées en demandant de mettre l'accent pour obtenir des résultats concernant la zone aride en se plaçant surtout sur les principes de réalisation à adopter.

PERSONALIA

MONSIEUR LE PROFESSEUR DR. A. GRAHMANN A 70 ANS

Les membres de l'Association connaissent le Professeur GRAHMANN depuis l'Assemblée de Rome en 1954. Sans doute, la renommée leur avait appris bien avant l'existence de ce géologue spécialiste du quaternaire et de cet hydrologue des Eaux Souterraines, originaires de Leipzig. Durant trente ans, il fut géologue dans sa contrée natale, dirigea un service d'observation des nappes comportant plus de 2.000 points de mesure tout en s'occupant de l'établissement de cartes tant géologiques qu'hydrologiques.

Dès 1947, il suivit l'actuel Bundesanstalt für Gewässerkunde dans ses divers déplacements pour finalement s'établir à Koblenz où la limite d'âge l'atteignit en 1953. Mais cette retraite officielle ne fut que l'origine d'une activité scientifique plus intense qui le firent désigner comme membre de diverses Académies et Sociétés savantes et comme professeur honoris causa à l'université de Mayence.

En 1958, il reçut la Médaille Albrecht Penck de la réunion des géologues allemands du Quaternaire.

Mais la grande activité de GRAHMANN fut l'établissement de la carte hydrogéologique 1/500.000 en 14 feuilles et d'une carte au 1/1.000.000. Cette activité lui valut en 1958 la grande croix de Mérite de la Bundesrepublik.

Mais pour tous ceux qui le connaissent, le professeur GRAHMANN a d'autres caractéristiques: celles d'une serviabilité illimitée et d'une bonne humeur inaltérable jointes à une modestie exemplaire.

L'Association d'Hydrologie a particulièrement apprécié le travail du Professeur GRAHMANN dans le domaine des cartes hydrologiques, lors de l'Assemblée de Toronto. Elle compte sur lui pour le développement de cette question à l'Assemblée d'Helsinki.

L. J. TH

PARTIE SCIENTIFIQUE

SYMPOSIUM DE CHAMONIX

Comptes rendus des discussions

Remarque : Les communications sont suivies de la page (p.) se rapportant au texte de la publication No. 47 A.I.H.S. Les Nos additionnels renvoient aux textes supplémentaires et discussions.

L'ordre de présentation des communications est différent de celui de la publication 47 A.I.H.S.

Mercredi 16 septembre

Adresse du Prof. Tison.

Adresse de M. Paul Payot, Maire de Chamonix.

Adresse du Prof. Finsterwalder (p. 5).

Une excursion au Brévent l'après-midi fut contrariée par le mauvais temps.

Communications

Interventions

Mercredi 17 septembre Matinée : Présidence : Prof. Finsterwalder

Baussart (p. 8)	Hofmann	1.1
	Dolgouchine	1.2

Finsterwalder (p. 11)	Hofmann	1.1	2.1
	Baussart	3.1	

Hofmann : Bestimmung von Gletschergeschwindigkeiten aus Luftbildern.

Cette communication ne figure pas dans la publication AIHS No. 47, mais se trouve dans «Bildmessung und Luftbildwesen», 1958, Heft 3, S. 71-88.

Baussart	3.1
Baussart	3.2

Tonini (p. 227)	Matschinski	4.1
-----------------	-------------	-----

Hofmann (p. 13)	Haefeli	5.1
	Hofmann	5.2
	Renaud	5.3
	Nye	5.4
	Liboutry	5.5

Garavel (p. 14)	Haefeli	6.1
	Renaud	6.2
	Baussart	6.3

Après-midi : Présidence : Prof. Bauer

7. Bauer (p. 37)

Haefeli
Nye
Nakaya
Bender

8. Jacobs (p. 43) : Le compte rendu imprimé dans la publication n° 47 n'étant qu'un résumé de la communication de M. Jacobs, le texte complet en est publié sous 8 (Aerial photogrammetry — Salmon Glacier).

9. Lliboutry (p. 45)

Soirée : J. L. Lorenzo

Conférence sur les glaciers du Mexique illustrée de diapositives en couleurs.

Jeudi 18 septembre Matinée : Présidence Prof. Haefeli

10. Zumberge (p. 56)

Haefeli
Finsterwalder
Nye

11. Avsiuk (p. 72)

Résumé sous
Haefeli

12. Ward (p. 105)

Sharp
Bauer

Après-midi : Présidence Dr. Glen

13. Lliboutry (p. 125)

Nye

14. Nye (p. 139)

Shumsky
Réponse de Nye
Réponse de Nye
Lliboutry
Réponse de Nye
Haefeli

Soirée :

Zumberge : Présentation de diapositives en couleurs sur l'Ice Shelf de Camp Michig (Antarctica)

Bauer : Conférence sur l'EGIG et les recherches au Groenland en 1958, illustrée de diapositives en couleurs.

Mercredi 19 septembre Matinée : Présidence : Prof. Renaud

Glen (p. 171)	Nye	15.1
	Lliboutry	15.2
	Schoumsky	15.3
	Réponses de Glen	15.4
Steinemann (p. 184 et 254)	Haefeli	16.1
	Nye	16.2
	Glen	16.3
	Schoumsky	16.4
	Réponses de Steinemann	16.5

Après-midi : Présidence : Dr. M. de Quervain

Oulianov (p. 155)		
Matschinsky (p. 213)	Haefeli	18.1
Agostinelli (p. 276)		

Après la séance de travail, les congressistes se sont rendus à la salle d'exposition pour entendre M. Baussart leur présenter les résultats des couvertures aériennes du Massif du Mont Blanc et leurs stéréominutes.

Après-midi de M. Baussart sous 19 bis

Présentée : Baussart et D'Hollander

Projections stéréoscopiques

Compte rendu sous 19 ter.

Millecamps : Diapositives de la région de Chamonix.

Mercredi 20 septembre

Matinée : excursions à la Mer de Glace et au Laboratoire des rayons cosmiques.

Après-midi 17 h. : Présidence Prof. Bauer

Millecamps et Lafargue (p. 377)	Ransford	20.1
	Finsterwalder	20.2

h. 30 : Réception par M. Paul Payot, Maire de Chamonix.

Présentée : Film de Millecamps sur les travaux à la Mer de Glace.

Jeudi 21 septembre Matinée : Présidence Dr. Bender

Dolgouschine (p. 111)	Résumé de Dolgouschine	21.1
	Lister	21.2
	Schoumsky	21.3
	Haefeli	21.4
	Nye	21.5
Sharp (Meier) (p. 169)	Nye	22.1 (21.5)
	Sharp	22.2

Après-midi : Présidence Dr. Rigsby

23. Nakaya (p. 199)	Supplément de	Nakaya	2
		Philberth	2
		Steinemann	2
24. Renaud (p. 241)		Jacobs	2

Lundi 22 septembre Matinée : Présidence Prof. Millecamps

25. Nakaya (p. 229)	Supplément de	Nakaya	2
		Nye	2
		Lliboutry	2
		Glen	2
		Glen	2
		Haefeli	2
		Steinemann	2
26. Schoumsky (p. 242)		Landauer	2
		Nye	2
		Haefeli	2
		Haefeli	2
		Steinemann	2
		Lliboutry	2
		Hofmann	2
		Weertman	2
27. Landauer (p. 313 et 318)		Glen	2
		Nye	2
		Haefeli	2
		Weertman	2
		Steinemann	2
28. Sharp (p. 359)		Lister	2
		Glen	2

Après-midi : Présidence Prof. Millecamps

29. Philberth (p. 350)		Haefeli	2
		Victor	2
		de Quervain	2
30. Weertman (p. 162)		Lliboutry	3
		Nye	3
		Schimpp	3
		Harrison	3
31. Langway		Landauer	3
32. Rigsby		Steinemann	3
		Haefeli	3
		Glen	3

Soirée : 1. Nye : Film montrant le mouvement d'un glacier.

2. P. E. Victor : Film en couleurs sur les travaux des Expéditions Polaires Françaises au Groenland 1948-1953, précédé d'informations sur l'EGIG (Expédition Glaciologique Internationale au Groenland)

di 23 septembre : Excursion par temps magnifique à l'Aiguille du Midi et à la Cabane Hellbronner et Torino par le téléphérique de la Vallée Blanche.

septembre 1958 : Séance de clôture

Allocution du Prof. Haefeli en l'absence du Président le Prof. Finsterwalder :

Le moment est venu de nous dire au revoir. Comme dans la métamorphose du névé en glace, la zone de contact entre les grains individuels n'a cessé de devenir plus solide et forte pendant notre symposium. Mais pendant notre amicale coopération, il ne faut pas que cela passe comme dans la glace de glacier où les grains les plus gros absorbent les grains plus petits. Mais la fin ou la langue de notre symposium a quelque ressemblance avec la langue d'un glacier d'où jaillit un flot de lait de glacier qui est très fertilisant. Je souhaite que la source jaillisse de notre symposium soit aussi fertile que ce lait de glacier.

Hier nous avons vu les glaciers avec d'autres yeux, nous avons été impressionnés par leur beauté que l'on ne peut nommer. Notre sentiment de la beauté et de la connaissance a un fond commun : c'est l'admiration de la divine nature. Que ce soit sur cette base commune que se développe notre amitié et collaboration ! Je vous en remercie tous.

Je prie le Prof. Lliboutry de présider cette dernière séance.

Vendredi 24 septembre Matin, dernière séance : Présidence Prof. Lliboutry

Higuchi (par Nakaya) (p. 249)	Nakaya	33.1
-------------------------------	--------	------

Grove (p. 306)	Nye	34.1
----------------	-----	------

Schoumsky présente les travaux de
Bogovoski (p. 287)
Vialov (p. 266 et 383)

Makarevitch présente les travaux de Borovinski (p. 328)	Makarevitch	36.1
--	-------------	------

MM. Reynaud et Cordouan présentent les travaux de l'Électricité de France au Glacier d'Argentière et une nouvelle foreuse mécanique utilisée pour la détermination du lit du glacier. La séance de travail étant achevée, M. le Prof. Haefeli, en l'absence du Prof. Finsterwalder, mentionne qu'un comité restreint s'est réuni plusieurs fois au cours du symposium. Ce Comité a élaboré des résolutions et une lettre à la Commission Internationale de l'Énergie Atomique à Vienne. M. Prof. Haefeli prie M. Baird de lire ces textes :

Recommandations	38.1
Lettre C.I.E.A.	38.2

Prof. Haefeli remercie :

M. Tison pour avoir réussi la prouesse de présenter au symposium le vol. N° 47 AIHS des communications, ce qui a facilité les discussions. Il rappelle que sur les 600 exemplaires tirés, 100 ont été vendus au cours de la réunion. Il demande que les participants aident à la diffusion de cet ouvrage.

M. Bauer pour la splendide organisation du symposium.

MM. Millecamps et Lliboutry pour l'organisation des excursions.

M. Seligman pour sa présence et ses conseils judicieux.

5. MM. Le Maire de Chamonix Paul Payot, M. Casagnes directeur de l'office du Tourisme MM. Les directeurs des téléphériques du Brévent, de la Flégère, de l'Aiguille du Midi de la Vallée Blanche et du Chemin de fer du Montanvers pour toutes les facilités qu'ils ont bien voulu accorder aux participants du symposium.
6. M. le Directeur de l'Institut Géographique National pour la participation de cet Institut au symposium et à la magnifique exposition de documents cartographiques sur le Massif du Mont Blanc.
7. M. Paul Emile Victor pour sa passionnante conférence.

Exposition

A l'occasion du Symposium, une exposition a été organisée dans une salle de la Mairie de Chamonix.

Les documents exposés furent les suivants :

1. Travaux à la Mer de Glace par MM. Millescamps et Lafargue.
2. Travaux au Glacier de Nisqually (USA) par M. Hofmann.
3. Photographies aériennes des fronts des glaciers du Groenland de l'EGIG (Expédition glaciologique Internationale au Groenland) par M. Bauer.
4. Documents de l'Institut Géographique National :

L'Institut Géographique National a organisé dans la salle du Conseil Municipal CHAMONIX une exposition de documents cartographiques intéressant Chamonix et la Haute-Savoie.

On remarquait en particulier un assemblage des belles feuilles au 1/10.000 du Massif du Mont-Blanc, un panneau de feuilles au 1/20.000 de la région de St-Gervais, un assemblage au 1/50.000 des feuilles de : Cluses, Chamonix, St-Gervais, Mont Blanc.

Un autre panneau présentait l'évolution de la cartographie officielle de la région de Chamonix, depuis la Carte de Bacler d'Albe jusqu'aux productions actuelles.

On remarquait aussi un magnifique assemblage des cartes au 1/100.000 de Savoie récemment sorties des presses de l'Institut Géographique National ainsi qu'un panneau d'extraits de l'Atlas des Formes du Relief, intéressant la glaciologie et les reliefs glaciaires.

Le clou de l'exposition était constitué par les cartes en relief support plastique au 1/200.000 et surtout au 1/50.000 de Chamonix et du Mont Blanc.

Un assemblage de ces deux feuilles, monté sur bois et présenté horizontalement sous un faisceau d'un projecteur, donnait une image saisissante de l'ensemble du Massif du Mont Blanc.

Enfin, un panneau présentait différentes photographies aériennes prises par le Groupe d'Escadrilles de l'Institut et notamment des photographies du glacier d'Argentière extraites de missions exécutées en 1939, 1949, 1952 et 1958, marquant ainsi les étapes de l'évolution du glacier.

LISTE DES PARTICIPANTS

OSTINELLI	Cataldo	Corso Duca Degli Abruzzi 34 Bis — TORINO	ITALIE
SIOUK	Gregory	Moscov B 71 M. Kalougekaja 12 KV 50	U. R. S. S.
RD	Patrick	University of ABERDEEN	SCOTLAND
TIN	F. E.	Capitaine d'Aviation. Chef du Service Météorologique Force Aérienne — Aéro- drome d'Evere — BRUXELLES	BELGIQUE
ER	Albert	46, rue Geiler — STRASBOURG (Bas-Rhin)	FRANCE
USSART	Maurice	Institut Géographique National, 2, avenue Pasteur — SAINT-MANDE (Seine)	FRANCE
LUREGARD (de)	Jean	Electricité de France, 3, rue de Messine — PARIS 8 ^o	FRANCE
NDER	James	S. I. P. R. E. WILMETTE — ILLINOIS	U. S. A.
ANDENBERGER	Fritz	Langmattweg 3 — ZURICH	SUISSE
ARIN	Pierre	Ingénieur des Ponts et Chaussées — Moulin St-Paul BESANCON (Doubs)	FRANCE
LQUI	Benito	Fco Portela 1255 LOMAS DE ZAMORA FNGR (Pcia Buenos-Aires)	ARGENTINE
TILLON	Joannès	Electricité de France, 3, rue de Messine — PARIS 8 ^o	FRANCE
URDOUAN	Pierre	Electricité de France, Boîte Postale 60 — CHAMONIX	FRANCE
GOES	Louis	Air Force Cambridge — Research Center — BEDFORD — Mass.	U. S. A.
GREGORIO		Università di PADOVA	ITALIE
LGOSCHINE	Leonid	Moscov — Staromoniety 29 Institut Geo- grati Academie	U. R. S. S.
NA	Ferdinando	Instituto di Geodesia et Geofisica — Univer- sità di PADOVA	ITALIE
LISTON	George		GRANDE- BRETAGNE
NTOLI	Amilcare	Min. Aff. Est. Ufficio Met. Exbol. Is. Via Calamatta 27 — ROMA	ITALIE
STERWALDER	Richard	MUNICH — 19 Flüggenstrasse 15	ALLEMAGNE
RAVEL	Louis	Eaux et Forêts — GRENOBLE (Isère)	FRANCE
EN	John	University of Birmingham — Edgbaston — BIRMINGHAM 15	ANGLETERRE
RISONI	Maurice	Expéditions Polaires Françaises, 47, Avenue du Maréchal Fayolle — PARIS 16 ^o	FRANCE
OVE	Jean	Girton College — CAMBRIDGE	ANGLETERRE
EFELI	Robert	Susenbergstrasse 193 — ZURICH	SUISSE
ATTERSLEY-SMITH	Geoffrey	Defence Research Board — OTTAWA	CANADA

HOFMANN	Walther	Institut für Photogrammetrie — Technische Hochschule MUNICH	ALLEMAGNE
HOLLANDER (D')	Raymond	Institut Géographique National, 2 avenue Pasteur — SAINT-MANDE (Seine)	FRANCE
HOLMES	William	Alaska Terrain and Permafrost Section U.S. Geological Survey — WASHINGTON 25DC	U.S.A.
JACOBS	Jack	University of British Columbia — VANCOUVER	CANADA
KASSER	Peter	École Polytechnique Fédérale — Gloriastrasse — 39 — ZURICH	SUISSE
KEELER	William	c/o Cord, 14, rue Senebier — GENÈVE	SUISSE
KORNER	Helmuth	Kaulbachstrasse 14 — MUNICH	ALLEMAGNE
LANDAUER	Joseph	S.I.P.R.E. WILMETTE — ILLINOIS	U.S.A.
LANGWAY	Chester	S.I.P.R.E. 1215, Washington Avenue — WILMETTE — ILLINOIS	U.S.A.
LAMBOR	Julian		POLOGNE
LIESTØL	Olav	Norsk Polarinstitut — OSLO	NORVÈGE
LIESTØL	Gerd	University of OSLO	NORVÈGE
LLIBOUTRY	Louis	Université de GRENOBLE — 26, Bd. J. Vallier	FRANCE
LISTER	Hal	Kings College — University of Durham — NEWCASTLE	ANGLETERRE
LORENZO	José-Luis	Instituto de Geofísica, Universidad de MEXICO	MEXIQUE
LORIUS	Claude	10, rue de Chambéry — AIX-les-BAINS	FRANCE
LUGIEZ	Fernand	Électricité de France, 37, rue Diderot — GRENOBLE	FRANCE
Melle MAGNIN	Anne-Lise	Librairie Larousse — CHAMONIX	FRANCE
MAKAREVITCH	Konstantin	ALMA-STA Kirova 103 Academie of Science	U.R.S.S.
MATSCHINSKY	Mathias	7, Allée de la Butte — ST-MICHEL S/ORGE (Seine et Oise)	FRANCE
MERCER	John	c/o Lloyds Bank — CAMBRIDGE	ANGLETERRE
MILLECAMPS	Roland	Laboratoire de Géologie-Glaciologie — Collège de France — PARIS 5 ^e	FRANCE
MORANDINI	Giuseppe	Direttore Istituto Geografia Università di PADOVA	ITALIE
NAKAYA	Ukichiro	Hokkaido University — SAPPORO	JAPON
NYE	John	21 Canynge Road — BRISTOL 8	ANGLETERRE
ORNSTEIN	Wilhelm	Washington University — ST-LOUIS — Missouri	U.S.A.
OULIANOFF	Nicolas	Université de LAUSANNE	SUISSE
PAULCZINSKY	Walter	INNSBRUCK — Wilhelm Greilstrasse 25/1	AUTRICHE
PETROSLANTS	Mickail	Tashkent Astronomicheskij TUPIK N 11	U.R.S.S.
PHILBERTH	Bernhard	MUNICH, 23 — Destouchesstrasse 14	ALLEMAGNE
PHILBERTH	Karl	— — —	—
POGGI	André	Institut Fourier — GRENOBLE (Isère)	FRANCE

VAIN (De)	Marcel	Institut Fédéral pour l'Étude de la Neige et des Avalanches — WEISSFLUHJOCH/DAVOS	SUISSE
FORD	Geoffrey	2, place de l'Étoile — GRENoble (Isère)	FRANCE
UD	André	20, avenue Rambert — LAUSANNE	SUISSE
RICHARDSON	Hilda	British Glaciological Society, c/o Scott Polar Research Institut — CAMBRIDGE	ANGLETERRE
BY	George	U. S. Navy Electronics Lab. SANDIEGO 52 — CALIFORNIA	U.S.A.
	André	Grande Dixence S. A. LAUSANNE	SUISSE
	André	Institut Fédéral pour l'Étude de la Neige et des Avalanches WEISSFLUHJOCH/DAVOS	SUISSE
RT	André	Motor Columbus S. A. BADEN	SUISSE
CKI	Stefan	ZBIGNIEW — Krak. Przedm 30 m 4 — WARSZAWA	POLOGNE
MPP	Otto	Georgenstrasse 66 — MUNICH 13	ALLEMAGNE
IEDER	René	Institut Fédéral pour l'Étude de la Neige et des Avalanches WEISSFLUHJOCH/DAVOS	SUISSE
UMSKY		Institut du Sol Gelé, Staromonietny 33 KV 29 MOSCOU B 17	U.R.S.S.
EMAN	Gerald	Little Dane BIDDENDEN — Kent	ANGLETERRE
A	Louis	A.I.H.S. 20, rue Hamelin — PARIS 16°	FRANCE
P	Robert	Institute of Technology, Geological Science Division — PASADENA — CALIFORNIA	U.S.A.
ITZKY	Nicolas	Parisien Libéré — PARIS	FRANCE
DLER (De)	Alf	Motor Columbus — BADEN	SUISSE
NEMANN	Samuel	Laboratoire Suisse de Recherches Horlo- gères — NEUCHÂTEL	SUISSE
HINBANK	Charles	Scott Polar Research Institute — CAMBRIDGE	ANGLETERRE
N	Léon	61, rue des Ronces — GENTBRUGGE	BELGIQUE
N	Gérard	206, Chaussée de Bruxelles — LEDEBERG	BELGIQUE
NI		Università di PADOVA	ITALIE
DECAN	Yvan	Expédition Antarctique Belge, c/o Capitaine Bastin — Aérodrome d'Evere — BRUXELLES	BELGIQUE
OR	Paul-Emile	Expéditions Polaires Françaises, 47, avenue du Maréchal Fayolle — PARIS 16°	FRANCE
D		LONDON	ANGLETERRE
RTMAN	Johannes	Office of Naval Research, Keysysion House, 429 Oxford Street, LONDON W	ANGLETERRE
BERGE	James	University, Geology Dept. Ann Arbor — MICHIGAN	U.S.A.

Monsieur le Maire,
Mesdames, Messieurs,

On a dit beaucoup de mal des Congrès et il est souvent question de « Congrès s'amusement ».

Je ne sais si c'est pour cette raison que l'Union Géodésique et Géophysique Internationale appelle « Assemblées » ses réunions triennales et si elle a baptisé Symposia les rencontres de caractère nettement scientifique que ses Associations se voient obligées de tenir entre Assemblées.

Je dis « obligées » car les Assemblées sont de plus en plus envahies par les questions administratives, sans compter que la nature même d'une Assemblée Générale exige qu'on parle de questions d'ensemble.

Cette obligation se manifeste aujourd'hui pour la seconde fois pour l'Association d'Hydrologie.

Il y a deux ans, nous avons en effet tenu nos premiers symposia. Chose curieuse, comme aujourd'hui, nous avons choisi une ville française pour nous réunir : Dijon et nous y comptions un de ses savants les plus illustres, Darcy, qui avait posé un siècle plus tôt les bases d'une étude scientifique des Eaux Souterraines.

J'avoue que j'avais été un des grands responsables du choix de Dijon et peut-être y avait dans ce choix une action subconsciente due à une survivance de sentiments dont l'origine remonte à cinq siècles au temps où les Ducs de Bourgogne régnaient sur les provinces bourguignonnes.

Cette réunion de Dijon avait permis de donner des satisfactions à deux de nos grandes commissions : celle des Eaux de Surface grâce au problème des Crues, celle des Eaux Souterraines, en prenant comme thème la loi de Darcy.

Aussi, lors de l'Assemblée de Toronto, il m'a semblé que la troisième grande Commission de notre Association, celle des Neiges et des Glaces, devait recevoir le même encouragement et j'ai proposé que le second symposium de l'Association lui fut réservé. J'étais d'autant plus à l'aise pour faire cette proposition, que je ne suis pas glaciologue.

La Commission des Neiges et des Glaces accepta l'idée avec reconnaissance et le Président, M. Finsterwalder, me fit bientôt savoir que le thème choisi était la « Physique du Mouvement de la Glace ». Restait la détermination du lieu où se tiendrait le symposium. Étant intervenu dans le choix de Dijon, je n'aurais pas voulu courir le risque d'être accusé de favoritisme en attirant à nouveau l'attention sur une ville française.

J'avoue donc, Monsieur le Maire, que je n'ai rien fait pour que votre cité et son magnifique lac deviennent le siège de ce symposium. Mais quand Monsieur Finsterwalder m'a fait savoir que sa commission avait choisi Chamonix, je me hâtai de transmettre sa proposition avec ce que les bons administratifs appellent un avis favorable.

Je dis « transmettre », car j'ai peut-être trop oublié dans les paroles qui précèdent que je ne suis que le secrétaire de l'Association d'Hydrologie. Un secrétaire bien ancien sans doute mais qui ne vous parle aujourd'hui que parce que notre Président, M. Wilm n'a pas trouvé la possibilité de faire le grand déplacement qui aurait dû l'amener ici. Monsieur Wilm m'a demandé de le remplacer et c'est en son nom que je puis dire combien l'Association a tenu à une adéquate la désignation de Chamonix.

M. Finsterwalder vous dira dans un moment les raisons historiques qui militent en faveur de cette cité. Je n'empiéterai pas sur son domaine, de crainte d'y faire de faux pas, mais

pendant pouvoir dire qu'il me semble que Chamonix est historiquement à la glace, et Dijon est aux Eaux Souterraines.

Il n'est d'ailleurs pas simplement l'aspect historique et peut-être un peu sentimental qui fait désigner Chamonix. En effet, tout en se révélant ce qu'on pourrait appeler une puissance arctique qu'antarctique, la France a continué à développer sur son territoire, la tradition des études glaciologiques et Chamonix est resté le point vital des recherches entreprises dans ce domaine par l'Électricité de France, par les Ingénieurs des Eaux et Forêts et par les jeunes titulaires des chaires de Glaciologie établies dans deux de ses grands centres universitaires. Puis-je maintenant vous dire qu'une fois notre choix porté sur Chamonix, tout n'était résolu.

Très heureusement, nous avons trouvé à Chamonix même un premier magistrat qui a mis ses services, ses bâtiments, peut-être même un de ses Administrés, à notre disposition. Monsieur le Maire, au nom de notre Association, permettez-moi de vous remercier d'avoir fait pour que cette réunion soit une réussite.

D'autre part, j'étais bien loin pour régler sur place tous les détails de l'organisation. Mais, j'ai accepté bien volontiers l'offre de M. Bauer de prendre en mains tout ce qui m'a bien pu avoir causé des cauchemars. Il m'est agréable de lui dire aujourd'hui tous mes remerciements.

Je voudrais aussi remercier l'Électricité de France que je trouve toujours disposée à porter son aide aux manifestations de notre Association. Notre reconnaissance va tout particulièrement à M. Olivier Martin, à M. Raynaud, et à M. Cordouan. Elle va aussi à l'Institut Géographique National Français qui a organisé cette magnifique exposition des cartes de la région.

Amis glaciologues, puis-je également vous adresser quelques mots. Pour la seconde fois, je suis efforcé de publier avant notre réunion les études qui m'ont été envoyées.

Le problème ne semble guère présenter de difficultés, mais je me suis aperçu que si les glaciologues sont parfois quelque peu différents des autres hydrologues, ils en ont les mêmes traditions bien établies. Je suis moi-même très traditionaliste, mais quand la tradition consiste à vouloir respecter aucun des délais indiqués pour la présentation des rapports, notre Association s'insurge contre semblable tradition.

Puis-je vous dire qu'à la date indiquée pour leur rentrée, je n'avais reçu que cinq rapports sur 60 % des études présentées à ce symposium me sont parvenues en juillet et en août. Cela a provoqué quelques difficultés du côté de l'imprimeur et cela m'a notamment obligé à réviser moi-même un assez grand nombre d'épreuves. Les membres de ma famille qui sont avec moi, vous diront que mon humeur n'en resta pas toujours très égale. J'avais d'ailleurs conscience comme on a toujours tort de ne pas accepter tout avec le sourire. Mais dans le cas présent, j'ai particulièrement tort, car cette lecture, forcément attentive, m'a permis de voir que, considérée sous l'angle du symposium, la Glaciologie devenait particulièrement séduisante et que celui qui, comme moi, s'occupe de Mécanique des Fluides.

Je ne saurais vous dire toute la satisfaction que j'ai éprouvée à la lecture de ces épreuves, et j'espère que j'avais d'abord cru ne devoir être qu'un triste pensum.

Mesdames et Messieurs les Glaciologues, permettez-moi de vous féliciter de tant de sérieux et de travail. L'envie me tourmente de vous citer des noms d'auteurs, mais je devrais vous en citer trop. Je vous laisse donc le soin d'apprécier vous-mêmes.

Je déclare ouvert le Symposium sur la Physique du Mouvement de la Glace et j'en remets la présidence à M. Finsterwalder.

Adresse de Monsieur le Maire P. Payot.

Monsieur le Président, Messieurs,

La Commune de Chamonix est une des plus grandes communes de France. Son étendue est de 250 kilomètres carrés. Les glaciers occupent la moitié de cette superficie. Il était normal que votre Congrès choisisse Chamonix, pays des glaciers, pour tenir son Symposium sur la Dynamique de la Glace. Je suis particulièrement heureux de vous souhaiter la bienvenue dans notre Vallée et de mettre à votre disposition la plus grande étendue glaciaire de France.

Je dois toutefois signaler que les habitants de Chamonix sont toujours très méfiant lorsque de hautes personnalités viennent s'occuper de leurs glaciers. En effet, au XVII^{me} siècle ils commirent la grande imprudence de demander à Monseigneur Jean D'Arenthon d'aller de venir bénir les glaciers qui menaçaient leurs cultures et leurs maisons. Cette manifestation officielle entraîna une diminution sensible des glaciers et, depuis 1690, avec des crues et des décrues les glaciers du Massif du Mont-Blanc s'éloignent peu à peu de la Vallée.

J'espère que votre action n'aura pas les mêmes résultats. J'espère, au contraire, que vos intéressantes communications qui seront faites au cours de ce Congrès permettront d'arriver à une plus grande connaissance des glaciers et de tous les phénomènes encore inexplicables. Peut-être pourrez-vous nous tranquilliser pour l'avenir et nous donner l'espoir que les glaciers qui ont tendance d'une façon générale, à diminuer, reviendront un jour aussi beaux qu'ils l'étaient autrefois.

Ce serait sans doute aller trop loin de vous demander de découvrir un procédé qui permettrait d'accélérer la crue des glaciers et de reconstituer ainsi le patrimoine de beauté qui existait autrefois dans nos régions des Alpes. Ce serait peut-être d'ailleurs imprudent, car un tel procédé était un jour découvert, il risquerait de reconstituer les plus anciens glaciers et de recouvrir ainsi notre Ville d'un manteau d'un kilomètre de glace, d'où seules dépasseraient les Aiguilles. Il avait été dangereux de ne pas intervenir Monseigneur Jean d'Araton d'Alex; il serait peut-être dangereux aussi de vouloir revenir aux anciennes époques glaciaires.

En terminant je tiens à vous exprimer le grand plaisir que j'ai à vous accueillir, car je suis toujours passionné pour tout ce qui concerne les glaciers. Je vous souhaite un excellent séjour dans notre Vallée et surtout la continuation du temps merveilleux qui, depuis le début du mois de septembre, rend encore plus beau notre Massif du Mont-Blanc.

Paul PAYOT
Maire de CHAMONIX

ère Séance :

CREDI 17 SEPTEMBRE (matin)

Présidence : Prof. FINSTERWALDER

BAUSSART : Essai de détermination par photogrammétrie de la vitesse superficielle d'un glacier du Groenland.

Hofmann :

The method described by M. BAUSSART has several disadvantages: use of instruments of order, two independent plottings of the profile, superposition of the errors in position of the two plottings. The method developed by myself and described to a certain extent by Prof. Finsterwalder, uses two pictures of different flights and measures dilatations of the profile surface. With the aid of a stereo model of the same flight the measured values are reduced to pure motion parallaxes. The most suitable instruments for this method are simple stereometers.

The measurement of one glacier takes only about two hours. No aerotriangulation or ground control is necessary.

Dolgouchine :

1. Est-ce que les déterminations des vitesses ont été réalisées sur des glaciers flottants ou également sur des glaciers reposant sur un fond rocheux ?
2. Des difficultés ont-elles été rencontrées en raison de la modification des points de repère, dans le cas de glaciers se mouvant sur un fond continental; quelles sont alors les méthodes employées pour tourner cette difficulté ?
3. Quelles sont les possibilités de la photogrammétrie dans les régions intérieures du Groenland par exemple, où il n'existe pas de points fixes naturels pour repère ?

Baussart répond :

1. Les fonds des glaciers ne semblaient pas flotter, mais reposer sur le fond.
 2. Aucune difficulté; les séracs sont identifiables sur les deux couvertures successives, l'erreur étant négligeable pour une intervalle de cinq jours.
 3. Des points de repères sont à matérialiser et l'exploitation doit pouvoir être faite par photogrammétrie.
- Des points fixes sont nécessaires.

FINSTERWALDER : Measurement of ice velocity by air photogrammetry.

2.1 W. Hofmann :

Ergänzend zum Vortrag von R. FINSTERWALDER berichtete W. HOFMANN, München, über eine von ihm entwickelte und erprobte Methode der Bestimmung von Gletscherwindigkeiten aus Luftbildern. Dabei werden in zwei Aufnahmen, die zwei Bildflügen in angemessenem zeitlichem Intervall angehören, die Bildverschiebungen in einem Querprofil (Gletschers gegenüber einer Geraden zwischen 2 Festpunkten im Ufergelände gemessen nach dem Gleichheitsmodell). Diese Verschiebungen müssen infolge der Höhenunterschiede der Punkte auf dem Gletscher untereinander und gegenüber der Bezugsgeraden in reine

Bewegungsparallaxen reduziert werden. Hierzu werden zwei Aufnahmen ein und desselben Bildfluges herangezogen, in denen die Parallaxenunterschiede der Profildunkte gegenüber Bezugsgeraden stereoskopisch gemessen werden (Höhenmodell). Nach Umrechnung der Parallaxen auf die Basis des Vergleichsmodells können sie als Korrekturen an die Bildverschiebungen angebracht werden. Die Multiplikation der verbleibenden Bewegungsparallaxen mit der Massstabszahl der Bilder ergibt die Bewegung im Messzeitraum. Das Verfahren kann bei grösseren Gletschern auch auf Profile, die sich durch mehrere Meilen erstrecken, erweitert werden.

Zur Messung genügen einfache Stereometergeräte oder Stereokomparatoren. Das Verfahren liefert die Fliessgeschwindigkeit der Gletscher mit einer Genauigkeit von 3 %.

3. HOFMANN : Bestimmung von Gletschergeschwindigkeiten aus Luftbildern.

3.1 Baussart :

M. Baussart donne les précisions suivantes sur la méthode utilisée par l'IGN et sur les raisons du choix de cette méthode :

1) Etant donné l'imprécision des données d'étalonnage de la chambre de prises de vue et d'altitude de vol, il était inutile de calculer les positions des points considérés avec une grande précision; il a donc été jugé suffisant d'établir une comparaison graphique des déplacements.

2) La méthode d'aérotriangulation est beaucoup plus précise que la méthode qui consiste à examiner stéréoscopiquement des clichés pris à des altitudes différentes et selon des inclinaisons différentes, éléments qui influent notablement sur les déplacements à mesurer. D'autre part, elle permet un tracé aussi serré que l'on désire. Enfin, elle tient compte non seulement des déplacements mais aussi des modifications en altitude des points considérés.

3) L'IGN n'est pas partisan d'utiliser pour l'étude de déformations faibles, des appareils simplifiés tels que le Stéréotop, les erreurs mécaniques et les erreurs de reconstitution des faisceaux perspectifs risquant d'introduire des erreurs relatives d'autant plus importantes que les déplacements sont faibles et de fausser ainsi les conclusions sur le plan scientifique.

4) Il est sans intérêt de rechercher du rendement dans une étude de nature scientifique. L'exactitude des résultats est beaucoup plus déterminante que la vitesse avec laquelle ils ont été obtenus. La recherche d'un rendement ne serait intéressante que dans la mesure où l'étude systématique de la vitesse des glaciers serait proposée sur un plan presque industriel. L'IGN a, dans ce domaine également, préféré s'entourer de toutes les précautions possibles pour remettre des résultats dont l'exactitude ne puisse être contestée, en fonction des éléments de départ.

3.2 Discussion entre MM. Hofmann et Baussart :

Sur le plan de la technique photogrammétrique, les deux méthodes proposées pour la mesure des vitesses superficielles d'un glacier à partir de deux prises de vues effectuées à un intervalle de jours suffisant sont les suivantes :

1^{re} méthode (Dr Hofmann) :

- choix d'un profil transversal sur le glacier à étudier.
- mesure de la parallaxe, en chaque point de ce profil, sur les clichés les plus homologues de deux missions consécutives.
- correction à cette mesure, de la parallaxe due à la variation d'échelle et à l'effet de relief (parallaxe mesurée cette fois sur deux clichés consécutifs d'une même mission).
- transformation du résultat obtenu en déplacement de chaque point du profil.

2^{me} méthode (I.G.N.) :

détermination par aérocheminement, entre points fixés de la côte, des positions successives d'un même point au cours des deux vols.

Autrement dit, dans la 1^{re} méthode on compare directement des clichés appartenant à vols successifs, mais ces clichés étant pris dans des conditions différentes on doit tenir compte de certaines corrections; dans la 2^{me} méthode on rétablit rigoureusement les conditions de prise de vues, et la comparaison a lieu sur les résultats obtenus séparément pour le vol.

De la discussion qui a suivi l'exposé des deux méthodes et de l'avis des deux délégués (Hofmann et Baussart), il résulte que :

1^o) le principal avantage de la 1^{re} méthode est de n'exiger qu'un appareil peu onéreux, type stéréocomparateur, et de se résumer à des calculs simples grâce à une disposition particulière, très ingénieuse des clichés.

2^o) la 2^{me} méthode, exécutée avec des appareils de restitution de premier ordre, présente l'avantage d'une sécurité supérieure dans les résultats :

- formation d'une image plastique, ce qui permet de déceler les déformations du support;
- détermination simultanée des déplacements d'un nombre quelconque de points;
- reconstitution rigoureuse des conditions des différentes prises de vues;
- validité de la méthode pour un nombre quelconque de couples successifs, c'est-à-dire une largeur de glacier aussi grande que l'on veut;
- aucune condition imposée pour les prises de vues successives.

Quant au temps passé pour l'exploitation des clichés, il dépend essentiellement du nombre de points dont le placement doit être mesuré, ainsi que de la précision à obtenir sur les résultats, précision qui dépend elle-même des éléments de départ. C'est cette précision qui doit déterminer le choix de la méthode. (En cours de séance, Mr Baussart avait proposé que des essais comparatifs sur les deux méthodes soient exécutés sur un même glacier. Ces essais n'ont pu avoir lieu, les déformations des tirages utilisés ne permettant pas au Dr. Hofmann d'arriver à des conclusions d'une précision suffisante).

Bien que présentant des points de vue différents, les deux délégués présents ont tenu à confirmer leur accord sur les résultats primordiaux suivants de leurs recherches :

- supériorité incontestable, pour l'étude du mouvement superficiel des glaciers, des méthodes photogrammétriques sur les méthodes au sol : non seulement les résultats sont plus homogènes, mais les photographies aériennes constituent des documents irréfutables, témoins de l'état d'un glacier à une époque donnée et pouvant être exploités à tout moment ultérieur, sous un angle quelconque.

- nécessité d'exécuter les prises de vues dans de bonnes conditions, en particulier avec des chambres métriques étalonnées, et si possible, avec l'enregistrement simultané des données par des appareils enregistreurs aéroportés.

M. TONINI : D'une extension de l'équation de continuité aux glaciers.

Matschinski :

Je pense que la communication très intéressante de M. TONINI doit être complétée par la mention qu'il s'agit de l'équation de la conservation des masses (les équations (1) et (2)). Ces-ci ne sont ni l'équation de continuité, ni la généralisation de cette dernière. Sans insister dans le champ des glaciers, grâce à la présence des crevasses, l'application de l'équation de continuité n'est possible; les équations données par TONINI ne contiennent pas des données et ne peuvent exprimer la continuité géométrique, mais seulement la « continuité » conditionnelle des masses, c'est-à-dire ce qu'on appelle usuellement la conservation des masses.

Cette observation est de genre d'amélioration terminologique et ne prétend pas de remettre en question le fond de la communication qui est excellente.

5. HOFMANN : Mesures géodésiques pour l'analyse relative du comportement d'un glacier

5.1 Haefeli :

M. Hofmann fait la supposition d'une augmentation constante de la vitesse dans la section totale du profil, due à une augmentation de la surface du profil de p.e. 11 m.

HAEFELI souligne que cette supposition est une forte approximation parce que le changement de la vitesse ne se répartit pas uniformément sur les différentes parties du profil (fig. 1).

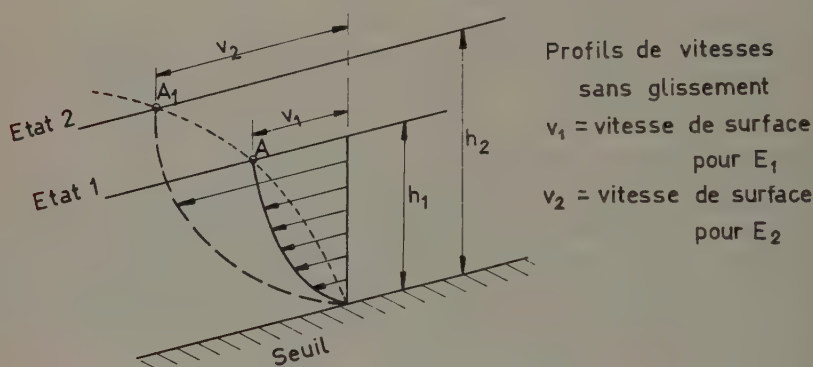


Fig. 1

5.2 Hofmann répond :

I believe that there is a mistake between Prof. HAEFELI and myself: I supposed no constant speed increase for the whole cross profile, but only a constant *ratio* of speed increase, which means, that the *relative* speed increase measured at the surface can be applied to the whole cross section.

5.3 Renaud :

Le programme d'observation proposé par M. HOFMANN à la page 13 est déjà appliqué depuis 1930 environ au Glacier Inférieur de l'Aar (Unteraar) en Suisse. La prospection sismique de la topographie sous-glaciaire y a notamment été effectuée. Les observations annuelles faites sur plusieurs profils transversaux sont publiées chaque année par la Commission des Glaciers de la Société Helvétique des Sciences Naturelles à la fin de son rapport sur les variations des Glaciers suisses dont la série remonte à 1880. On peut se procurer gratuitement ces rapports en s'adressant à M. RENAUD, Avenue Rambert, 20, Lausanne (Suisse).

5.4 Nye :

Dr. HOFMANN has told us, in the discussion, that he estimates the thickness of the Nisqually Glacier as about 100 m. The increase of thickness at the profile studied is therefore about 10%. He also tells us that the increase of surface velocity is about 40%. The factor of 4 between the two percentages is of the order that is to be expected on the basis of current theory (see for example, the equation $v = ak^{n+1} + bk^{(n+1)/2}$ in J. F. NYE, Nature, 181, 1450, 1958; or equation (2) of J. WEERTMAN, on p. 162 of this Symposium).

Liboutry :

Les variations de vitesse superficielle ont une interprétation très différente suivant que le glacier glisse ou non sur son lit.

Si le glacier glisse, son épaisseur est sensiblement constante et la variation de vitesse est à la variation de la vitesse de glissement.

Si le glacier ne glisse pas sur son lit, l'épaisseur varie, et la vitesse varie sensiblement avec la puissance ($n + 1$) de l'épaisseur (cf. publications du Prof. NYE).

Il est donc extrêmement souhaitable que les mesures de vitesse d'un glacier se fassent aux lieux où l'on se trouve très nettement dans l'un ou l'autre cas. Alors seulement on pourra relier facilement à l'accumulation et à l'ablation.

GARAVEL : Comportement des Glaciers Alpains depuis 1930.

Haefeli :

Tandis que les contrôles glaciaires anciens, c'est-à-dire du siècle passé, se concentrent dans la langue, les contrôles modernes comportent la langue, la région de la ligne de firn et les cirques et bassins de firn. Les mesures du firn permettent de préjuger du futur comportement du glacier; les observations à la hauteur de la ligne de firn sont représentatives pour le présent et les observations de la langue donnent plutôt des indications sur le passé du glacier. C'est pourquoi les observations de la cote de surface et leur changement dans la région de la ligne de firn ont une importance prépondérante pour juger de l'état actuel du glacier.

Renaud :

Dans les tableaux donnés par M. GARAVEL, on constate des différences considérables dans les variations en altitude du front de divers glaciers. Dans la même période, par exemple, le front du Glacier du Tour s'est relevé de 290 mètres, tandis que celui du Glacier des Bossons n'a remonté que de 38,3 mètres. Ces différences montrent que ce facteur n'a pas une valeur significative suffisante pour caractériser le régime glaciaire. L'observation des variations de la cote de surface reste donc également intéressante et ne doit pas être abandonnée.

D'autre part, le fait que, sous un même climat, des glaciers voisins ont des réactions quantitatives très différentes montrent qu'elles ressortissent encore d'autres facteurs d'ordre dynamique en relation avec la configuration du glacier.

M. RENAUD rappelle que le problème des variations des glaciers et leurs relations avec les variations du climat a été posé depuis longtemps par les glaciologues. Si on a accumulé à ce jour une documentation importante, on n'a pas encore proposé de théories satisfaisantes pour les interpréter. C'est la raison pour laquelle cette question pourrait opportunément faire l'objet d'un prochain Symposium de la Commission des Neiges et de la glace.

Baussart :

L'étude de l'évolution d'un glacier par des levés topographiques exige le choix préalable d'un certain nombre, forcément limité, d'éléments à déterminer. Choix toujours critiquable et qui risque même ultérieurement, en raison de l'évolution scientifique, de rendre inutile certains levés de terrain, pourtant onéreux, uniquement parce que certaines observations n'ont pas eu lieu.

Au contraire, fait-il souligner l'intérêt qu'offre une prise de vues aériennes effectuée avec des chambres étalonnées. Même si l'exploitation photogrammétrique n'en est pas faite immédiatement, la photographie aérienne constitue en elle-même un document irréfutable auquel on peut toujours avoir recours.

Il semble que les glaciologues devraient davantage insister sur la valeur du renouvellement

régulier de la photographie aérienne des glaciers, plutôt que sur l'intérêt de mesures forcément isolées.

Cette remarque n'est toutefois valable que pour la détermination d'éléments superficiels et non internes.

DEUXIÈME SÉANCE :

MERCREDI 17 SEPTEMBRE (après-midi)

Présidence : Prof. BAUER

7. BAUER : Le Mouvement de la partie centrale de l'Indlandsis du Greenland.

7.1 Haefeli :

Sur la base du budget annuel, on peut calculer dans un profil quelconque seulement *vitesse moyenne du profil* en supposant qu'il s'agit d'un problème à deux dimensions et que distance x du point de partage des Glaces soit connue. La détermination de la vitesse à la surface demande encore la connaissance de la loi de répartition des vitesses sur toute la hauteur du profil. Etant donné que les « flow law » du névé et de la glace sont différentes et dépendent de la température, il est peu probable que la forme du profil des vitesses soit une parabole, comme nous avons supposé dans notre calcul. Il est donc possible que la vitesse de surface soit beaucoup plus grande que la vitesse moyenne du profil.

7.2 Nye :

May I suggest an improvement on Prof. HAEFELI's calculation to make it three-dimensional. Let us suppose, as predicted theoretically (NYE, Nature, 1952, vol. 169, p. 529) that the direction of flow in Greenland is everywhere perpendicular to the contour lines. This is consistent with the measurements BAUER has reported. Construct, therefore, the family of curves on a map of Greenland which are everywhere perpendicular to the contour lines of the surface. Take two neighbouring streamlines passing close to the Station Centrale and follow them back until they reach their greatest altitude. Compute the area between the streamlines. Assume a steady state and some distribution of accumulation, and hence compute the volume per unit time passing through a small area perpendicular to the streamlines at the Station Centrale. Hence compute a theoretical velocity at this point. It is likely, from the figures we have been given, to be many times too low. Changing the distribution of velocity with depth can only change the numerical factor $3/2$ in HAEFELI's formula, and this factor must almost certainly be between $3/2$ and 1. One would then be forced to conclude that the value of a was at fault, that is, that the ice cap is living on its reserves of accumulation. This is another way of saying that the cap is far from a steady state and is wasting rapidly.

7.3 Nakaya :

Le trou de 300 mètres de profondeur foré au centre de la partie nord de l'Indlandsis est resté vertical.

Bender :

A « Site 2 », dans la partie nord de l'Inlandsis du Groenland, la vitesse superficielle est 60 mètres par an.

ACOBS : Le compte-rendu imprimé dans la publication 47 n'étant qu'un court résumé de sa communication, M. Jacobs a remis le texte suivant, plus complet.

AERIAL PHOTOGRAMMATRY — SALMON GLACIER

This work was carried out under the supervision of Dr. D. HAUMANN from the division Applied Physics, National Research Council, Canada.

The field work began with the establishment of a triangulation network which covered the whole glacier area in such a way that a required number of control points could be *resected* almost any place. Trigonometric determination of the elevations was carried out together with the triangulation. The whole triangulation net was computed and adjusted by a least squares method. The mean square error of the coordinates of the triangulation points amounted ± 5 cm, while the accuracy of the trigonometric elevation was ± 10 cm.

The triangulation points were selected and signalized in such a way that most of them could be used also as photogrammetric control points.

Approximately 60 control points, with precisely determined coordinates, were signalized on 60×60 cm masonite plates painted white on one side and black on the other. The black side was used where strongly reflecting white backgrounds existed. Thirty of them, with white side up, were placed on firm ground in the vicinity of the glacier. The other thirty were distributed on the glacier with the black side up. Because their coordinates would be affected by the ice flow and the vertical component of the ablation, the control points on the glacier were resected the day of the photographic flight. It was found that all white targets without exception were clearly visible on the aerial photographs, whereas the black targets were indistinguishable.

Terrestrial Photogrammetric Field Work

The south terminal of the Salmon Glacier was covered by terrestrial photographs twice; first in the middle of June, and again on the 20th of August. This was done to measure the loss of ice during the main ablation period. Three velocity base lines were established along the southern tongue of the glacier. From these velocity bases, stereo pairs were taken of the glacier at a suitable time interval in order to determine the velocity of the glacier flow.

In addition, infrared panoramic photographs of the glacier area were taken from suitable triangulation points. These photographs could be used if necessary for the determination of additional control points.

Photographic flight

The shape of the Salmon Glacier required the flight to be split along two lines: one east-west and the other, north-south. For each line two flights were carried out in order to obtain photographic coverage in two scales: approximately 1:10,000 and 1:20,000. The slope of the glacier made it necessary to carry out the flights at two different absolute altitudes in order to maintain an approximately constant relative flying height. For the higher altitude this was considered unnecessary.

Photogrammetric Results

The accuracy and interpretation obtained from the high altitude photographs were entirely satisfactory. The plotting was done on a Wild Autograph A7 and a Kelsh Plotter.

The density of control points was insufficient however for detailed plotting in spite of extensive ground control net. The aerial triangulation was thus carried out over both lines. The relatively large number of intermediate ground control points allowed quite a high accuracy which is of the order of about 50 cm both in elevation and in horizontal positions.

Plotting was done at a scale 1:10,000 with a general contour interval of 20 m (for special areas the interval was different). The glacier itself was plotted with 10 m contour intervals. The south terminal of the glacier was plotted on a scale 1:5,000 and the access to the terminal on a scale 1:2,500. For this mapping 10 m contour intervals were chosen. The publication scale of the glaciological map will be 1:25,000. In addition it is planned to publish a special map of the glacial surface only on a scale 1:10,000.

There have been previous photographic flights over the Salmon area. In 1941 aerial oblique photographs were made. In 1949 the area was covered for the purpose of topographic mapping with photographs on a scale 1:40,000 and in 1956 an additional photographic flight was arranged. This photographic material permitted comparative plots of the glacier to be made. The necessary control points were selected from the 1957 photographs and transferred to the corresponding previous ones. In this way the retreat of the glacier and the loss of ice could be precisely determined.

The loss between September 1949 and August 1957 amounted to 600 m in a horizontal direction and up to 90 m in a vertical direction at the south terminal. The absolute elevation of this point is about 160 m above sea level.

The north terminal which discharges into Summit Lake (825 m above sea level) retreated by 100 m and lost up to 30 m in a vertical direction. The surface of the whole northern stream was found to have sunk 15 m.

At the north end of the expedition area there was a lake dammed up by the Frank Macdonald Glacier, which had drained out during the 30-year period. This is a very spectacular example of the application of photogrammetry because it was possible to reconstruct each particular stage in the retreat of the water. In all, about 50 retreat stages could be recorded.

From terrestrial photographs the velocity of the glacier flow was determined. It varied from 60 to 160 m in the year. The high velocity of 160 m is caused by an ice fall in the proximity of one of the profiles. The average velocity of the glacier is about 90 m per year. The velocity diagram close to the southern terminal shows a velocity distribution across the glacier similar to the records of some of the glaciers of Central Asia which are known to have «Block Scholle» movement.

TROISIÈME SÉANCE :

JEUDI 18 SEPTEMBRE (matin)

Présidence : Prof. HAEFELI

10. ZUMBERGE : Preliminary report on the Ross ice shelf deformation project.

10.1 Haefeli :

In the deformation of the snow cover analog features have been observed as on the Ross ice shelf, but in a small scale. (see fig. 3, p. 60 of the Symposium). In a convex profile of a snow slope the difference of the sliding velocities causes tensile fissures on the upper border of the slope.

the anticlines are formed in the lower part of the slope. On both sides anticlines are associated with transverse crevasses. The direction of the latter is perpendicular to the anticlines. The direction of the anticlines give the direction of the main tensile stress (Zugtrajektorien) and the direction of the crevasses is identical with the direction of the main pressure stress (Drucktrajektorien). (See R. HAEFELI, Schneemechanik mit Hinweisen auf die mechanik 1939, 1942, fig. 65). (Fig. 2).

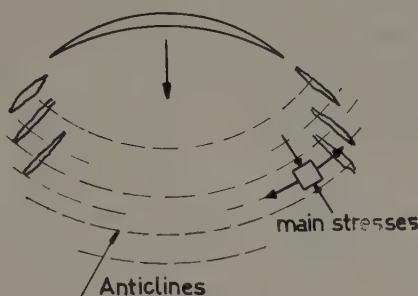


Fig. 2

Finsterwalder :

Comment a été déterminé le mouvement absolu ?

Zumberge :

La zone d'étude a été couverte par photos aériennes. Cette couverture sera répétée l'année prochaine, ce qui donnera le mouvement.

Nye :

It seems to me that the problem posed by Dr. ZUMBERGE's crevasses on his anticlines is to explain why they exist, but rather to explain why they do not seem to extend into the zones between the anticlines.

AVSIUK : Certains renseignements sur le mouvement de la glace dans les glaciers du Tian-Chian.

Avsiuk :

Grâce aux soins des organisateurs de notre Symposium, le texte de ce rapport est entre vos mains. Il n'est donc pas nécessaire de le lire, surtout qu'il est assez long et d'un caractère cryptique.

Je me bornerai à souligner le but principal de mes travaux : montrer la diversité des modes d'écoulement des glaciers de montagne, basée sur des mesures concrètes. Il me semble que les quatre exemples cités dans mon rapport sont suffisants. Ils ne peuvent naturellement pas caractériser tous les types de glaciers, même pas les glaciers de montagne et ceux du Tian-Chian.

Les caractéristiques communes sont les suivantes :

1) l'écoulement est visco-plastique dans les parties actives des glaciers de tous les types, bien qu'il y ait des différences entre les glaciers de vallée et les petites calottes glaciaires.

2) l'absence de déplacement dans la glace morte et de quelques mouvements épisodiques de blocs par glissement dont les causes sont l'ablation et l'eau de fusion.

Ensuite, viennent les différences d'écoulement qui ne peuvent s'expliquer par les seules différences de pente, de forme du lit et d'épaisseur.

Probablement, les différences des propriétés physico-mécaniques, des conditions de température et d'autres causes encore mal connues sont-elles en jeu. Premièrement, je ne peux expliquer sans connaître toutes les causes, pourquoi les courants glaciaires gardent leur individualité dans les grandes confluences glaciaires coulant les uns à côté des autres, différemment par leur vitesse et leur épaisseur.

En même temps, les langues communes formées par la confluence de petits glaciers de vallée constituent des ensembles à courant unique. De plus, on ne peut expliquer les différences de formation de glace morte dans les glaciers juvéniles. Par exemple, la formation de glace morte du glacier de Petrov quand l'épaisseur diminue jusqu'à atteindre 25 à 30 m, pour l'Inylchek environ 200 m et pour les petits glaciers de vallée 15 à 20 m etc...

On peut dire la même chose pour les vitesses des courants de glace. Nous n'avons pas trouvé de relation entre les variations de vitesse, de pente et d'épaisseur.

Il est inutile de continuer d'énumérer ces différentes inconnues. Je l'ai spécifié dans ma communication. Il me semble que lorsque nous ne disposons pas de données suffisamment précises sur les propriétés de la glace de différents glaciers, nous ne devons pas cesser d'effectuer des observations multiples.

Ces insuffisances sont évidentes, non seulement pour la compréhension des processus théoriques, mais aussi pour l'application pratique d'utilisation des glaciers. C'est dans ce sens que je m'engage à travailler.

Il me semble qu'il faut aussi mesurer les gradients de vitesse en profondeur. Sans ces données, nous ne pouvons pas résoudre le problème du mouvement de la glace dans les glaciers et expliquer tous les phénomènes connexes.

Toutes mes données des mouvements de la glace sont basées sur les résultats des levés photogrammétriques terrestres répétés. Pour le glacier Inylchek, ils ont été répétés deux fois par an pendant deux ans; pour les glaciers des sommets pendant trois ans; pour le glacier de Petrov pendant quatre ans et pour le glacier de Karabatkak, régulièrement trois fois par an pendant dix ans.

Voilà ce que j'ai voulu dire en ce qui concerne les généralités théoriques de la dynamique de la glace. Je n'avais pas jusqu'à présent effectué cette généralisation, car je n'avais pas à ma disposition les données nécessaires relatives aux propriétés de la glace des glaciers que j'ai étudiés. J'espère que les données de mon rapport peuvent aider de quelque manière nos connaissances du mouvement de la glace dans les glaciers:

11.2 Haefeli :

La communication intéressante de M. Avsiuk relève d'un problème de Terminologie concernant la définition de la *glace « morte »*. Normalement on appelle *glace « morte »* les masses de glace isolées, c'est-à-dire séparées du glacier « vivant ». Dans l'article de M. Avsiuk la définition de la *glace morte* se base sur le caractère du mouvement. La *glace « morte »* a un mouvement d'un caractère éphémère qui contraste avec le mouvement continu de la *glace « vivante »* (voir page 76 du Symposium).

Avsiuk :

La *glace morte* est celle qui a un mouvement spasmodique. Son mouvement n'est pas un écoulement.

WARD: Surface markers for ice movement surveys.

Sharp :

The effort of drilling as many as 50 10-foot holes for survey markers on a glacier is considerable, and I wonder if M. WARD knows that Mark Meier has adapted a small portable gasoline motor for this task. He uses a 5-foot and a 10-foot double helical spiral drill on this motor and by means of this apparatus can drill a 10-foot hole in two or three minutes at most. Holes drilled are about 4 cm in diameter and the continuous spiral of the foot drill permits the hole to be cleared without with draining the drill. The motor weighs 35 pounds and is easily transported by one man.

Bauer :

Pour forer des trous dans la glace de la zone d'ablation, de l'Indlandsis du Groenland, nous servons dans l'Expédition Glaciologique Internationale (E.G.I.G.) de la sonde thermique de M. KASSER, de la section d'Hydrologie de l'École Polytechnique Fédérale de Zurich.

Cette sonde à circulation fermée d'eau chaude chauffée par un réchaud à essence permet de forer un trou de 35 mm de diamètre à 30 m de profondeur en deux heures. L'appareillage pèse 50 kg et peut facilement être porté par deux hommes.

En juillet 1958, au Groenland, nous avons obtenu des vitesses de pénétration de 18 m par heure dans une glace à -10°C .

ATRIÈME SÉANCE :

UDI 18 SEPTEMBRE (après-midi)

Présidence : Dr. GLEN

LLIBOUTRY : La dynamique de la Mer de Glace et la vague de 1891-1895 d'après les mesures de Joseph Vallot.

Nye :

I think one should be cautious in accepting Prof. LLIBOUTRY's calculation of the correction in dD/dx which appears in his boxed equation on p. 135. The calculation is based on a theory (Nye 1957) in which $\partial\sigma_x/\partial x$ is zero. It is thus not strictly adequate for a calculation of dD/dx and thus of dD/dx .

NYE: A theory of wave formation in Glaciers.

Shumsky :

Why M. NYE suggests that the height of ogives must increase during compression below icefall?

We can suppose that troughs between ogives having lesser ice thickness and area of cross-sections will be compressed more due to stronger stresses, and so the relative height of ogives will decrease.

14.2 Nye :

Prof. SHUMSKY suggests that the longitudinal stress and strain-rate should be greater in the troughs than at the crests, because the area of cross-section for carrying the longitudinal force is less at the troughs. The answer is:

1) such an argument based on simple statics ignores both the resistance of the bed, and the down-glacier component of the weight of the ice, and the argument is therefore not valid.

2) we have measured $\dot{\epsilon}_x$ on the surface in the Austerdalsbre waves and we do not find the effect suggested by Prof. SHUMSKY.

Matschinski :

«Give me a function...»

14.3 Nye :

I do not understand Prof. MATSCHINSKI's objection, but he asks me to give any function $u(x)$ which is compatible with my equations. My reply is that two such functions are given graphically in my paper in figs 4 and 6.

Matschinski :

(His second point).

Nye :

Prof. MATSCHINSKI says that if one starts off with the condition for an annually repeating state (equation (4)), it is not surprising that one deduces waves at the end. What I have done in the calculation is to start off with a fixed velocity field. Into this I have fed from the beginning the same height of surface each year. The resulting state is then *necessarily* annually repeating and there is therefore no objection to introducing the condition for an annually repeating state into the analysis. The point is that a smooth surface is fed in from the left. One might have supposed that a smooth surface would then have come out at the right (for a smooth surface can, of course, be annually repeating). The interesting thing is that, instead of a smooth annually repeating surface one gets a wavy annually repeating surface.

14.4 Lliboutry :

1) Dans la plupart des cas que j'ai observés, les vagues s'atténuent progressivement vers l'aval, alors que les bandes brunes sont de plus en plus nettes. Dans le n° 24 du *J. of Glaciology* j'explique un processus d'apparition des bandes brunes, une fois les vagues formées.

2) Le premier effet invoqué par le Prof. NYE, dû à la variation de l'ablation nette avec l'altitude me semble souvent très important. Il expliquerait pourquoi dans les Alpes, «wave ogives» n'apparaissent que sous certaines chutes de glaciers et pas sous d'autres (cf. une lettre à l'éditeur du *J. of Glaciology*).

14. 5. Nye :

Prof. LLIBOUTRY asks whether the wave effect due to changes in ablation $A(x)$ with x (referred to in par. 4-2 on p. 153) may not be important in some cases. I agree that it is quite

ble that such cases exist. The effect is already included in the analysis presented in the r. Perhaps the most compact way of expressing it is to say that the wave form is similar e curve of the product $u(x) A(x)$ inverted (see equation (6)). In Odinsbre, and perhaps icefalls, the variation in $u(x)$ is the most important part, but there may conceivably be where the variation of $A(x)$ is predominant.

Haefeli :

NYE's paper gives a simpler possibility to explain waves formation by the ablation anism than the usual theory of pressure waves. NYE's theory is based on the simplifying nption that velocity is independent of time. Nevertheless in the Onolea Glacier a yearly us in surface velocity has been measured (see Journal of Glaciology, Vol. I n° 9, 1951, 46-500: Some observations on Glacier flow). Further observations on ogives including urements of ablation and velocities (all over the year) are necessary to clarify the problem. ems not excluded that both mechanisms (pressure waves and ablation) are interfering.

UIÈME SÉANCE :

DREDI 19 SEPTEMBRE (matin)

Présidence : Prof. RENAUD

GLEN: The flow law of ice—A discussion of the assumptions made in glacier theory, their experimental foundations and consequences.

Nye :

It is most valuable to have this approach of Glen s, for he is giving us, as it were, a ework within which we can work. In applying the theory to glaciers there are two points may need further examination. First, the question of instability which he mentioned ly). Let us suppose with GLEN that a stress is applied to a specimen of ice which is originally opic. The specimen may become anisotropic, but at first sight, one might think that the tting anisotropy would necessarily have a symmetry which conformed to that of the stress. would be an application of a form of NEUMANN's Principle, well-known in crystal physics, is in fact assumed in GLEN's paper (eg. page 180 at the bottom). I wonder whether in fact MANN's Principle does apply to this case, and whether we ought not to be prepared to an instability, whereby an anisotropy could be produced which does not conform to the metry of the stress.

Second, there is the basic assumption (p. 173) that the direction of the stress with respect e specimen does not change. It may be that this makes the theory more applicable to ratory experiments than to glaciers. In a glacier a given piece of ice has a long stress history, it seems rather likely that the direction of the stress on it will change considerably as it down the glacier.

Lliboutry :

Les considérations du Prof. GLEN améliorent les résultats numériques dans ma théorie ottement. En adoptant les valeurs données par GLEN ($n = 4$), j'ai trouvé une hauteur

critique des protubérances (en dessous de laquelle la glace décolle du lit) de l'ordre de 2. Pour trouver une valeur raisonnable, j'ai dû prendre $n = 2$. En tenant compte de l'effet fort cisaillement surimposé, on doit trouver des hauteurs bien plus faibles.

15.3 Shumski :

Parameters of the flow law equation are dependent on ice structure, temperature, hydrostatic pressures. To each change of the direction of shears corresponds a change of parameters. Under low stresses power n is much lower (about 1,5) than under high stresses. For these reasons it seems necessary to determine parameters « n » and « A » from measurements on glacier movement rather than from laboratory experiments.

15.4 Glen :

1. Réponse à M. NYE

I agree. The question of whether instability is important can only be settled by experiment. If the anisotropy is indeed important, then we are in for a bad time in glacier theory !

2. Réponse à M. LLIBOUTRY

Prof. LLIBOUTRY's contribution is most interesting and I think his results do confirm the effect on the flow law due to a general stress in the region that I have proposed. I would add that the apparent variation to the flow law to be used for flow round objects on the glacier depends on the general stress in the region and so may be different from glacier to glacier.

3. Réponse à Mr SHUMSKI

It needs many experiments to confirm any flow law. As regards the correlation between laboratory to glacier, I agree there are difficulties but I think the successful correlations that have been made are most encouraging.

16. STEINEMANN : Résultats expérimentaux sur la dynamique de la glace et leurs corrélations avec le mouvement et la pétrographie des glaciers.

16.1 Haefeli :

The statement of M. STEINEMANN that in cold ice the hydraulic pressure has no measurable influence of flow law ($\varepsilon = K \tau^n$) is of special importance for the behaviour of cold ice with great depth (Inlandsis, Antarctic). This fact which was controlled by RIGSBY with high pressures, encouraged me to make certain extrapolations from the cold ice cap observations of Jungfraujoch to the behaviour of the Inlandsis (see Journal of Glaciology, Vol. 2, No. 1, 1956, p. 623-630). Another result of great importance is the fact that between the plastic deformation of temperate and of cold ice there is only a gradual but no fundamental difference. The gradual difference is primarily due to variation of temperature.

16.2 Nye :

In his tests on ice specimens in simple shear, Dr STEINEMANN has told us that the slip planes in the crystals become oriented parallel to the direction of shear. It is worth noting that in the experiment the directions of principal stress and of strain-rate rotate with respect to the specimen. Now this is a state of affairs that GLEN explicitly excludes from his theory, right at the beginning (see p. 173). One must therefore conclude that GLEN's analysis of STEINEMANN's tests in simple shear is not strictly valid. It would be interesting to compare Dr GLEN's observations on this point.

Glen :

The preferred orientations which Dr STEINEMANN has reported are most interesting, particularly those for the final or tertiary state (post kinematic recrystallisation). Those for compression do show the same symmetry as the stress, and so indicate that there is not instability, those for shear do not have the symmetry of the stress and so indicate that for a system, if one shear plane is kept constant the kind of theory I proposed in my paper may not be applicable. I agree with Dr NYE about this.

Shumski :

Under low stresses we observed only migrational recrystallisation and formation of patterns with only one maximum of [0001] normally to the shear plane.

Steinemann :

1. réponse à M. LLIBOUTRY

Internal gliding and metamorphism are probably much more effective in producing an oriented fabric inside the glacier than anisotropy or entropy production according to Onsager's principle. The nature of observed preferred orientations differ in fact sensibly of the surface enthalpy or the geometry of heat flow.

2. réponse au Prof. HAEFELI

The volume deficit of liquefaction inside ice and the corresponding action of pressure is a integral part of the standard free energy of the liquid phase (p. 257).

3. réponse au Dr NYE et Dr GLEN

The general symmetry of observed preferred orientation patterns (para- and postkinematic primary recrystallisation) reflect not the stress geometry but the effective movement. This is consistent with other results that the movement is the physical and practical parameter of the total growth (f.e. in kinetics of primary recrystallisation, recrystallised grain size, etc.).

ME SÉANCE :

VENDREDI 19 SEPTEMBRE (après-midi)

Présidence : Dr M. de QUERVAIN

MATSCHINSKI : Considérations sur la mécanique de la glace et spécialement des glaciers.

Haefeli :

Prof. MATSCHINSKI a fait des considérations de la glace et spécialement des glaciers d'un caractère général. Il donne des solutions purement mathématiques qui sont intéressantes pour des cas spéciaux comme par exemple celui de l'Inlandsis (parag. 4 et 5, p. 220).

Dans ce dernier cas il serait à souhaiter de trouver une solution mathématique sur la base du « flow law » de la glace indiqué par GLEN. Sur cette base, M. NYE a donné déjà plusieurs solutions du mouvement glaciaire pour des cas spéciaux. D'autre part, nous avons essayé en fait de transformer l'équation donnée par SOMIGLIANA pour un glacier de vallée au cas où

la viscosité de la glace diminue proportionnellement avec la profondeur, c'est-à-dire avec $n - 2$. (voir U.G.G.I., Assemblée Générale de Bruxelles 1951; A.I.H.S. tome I, p. 234).

19 bis. BAUSSART : Présentation des stéréominutes des couvertures aériennes du Massif du Mont Blanc.

A l'occasion de l'Année Géophysique Internationale, l'Institut Géographique National a fait exécuter le 31 juillet 1958 une mission de prises de vues aériennes, à l'échelle moyenne du 1/25.000, couvrant l'ensemble des glaciers du Massif du Mont Blanc.

Cette prise de vues succède à d'autres exécutées en 1939, 1949, 1952. L'exploitation photogrammétrique de ces différentes missions aériennes présente un intérêt primordial pour l'étude de l'évolution des glaciers.

Entre la prise de vues et le Symposium, il a été possible de faire une restitution de l'ensemble constitué par le glacier du Géant, du Tacul et de la Mer de Glace et les stéréominutes correspondantes sont parvenues à Chamonix après l'ouverture du Symposium.

Une restitution de la prise de vues de 1952 comparée avec celle de 1939 avait mis en évidence une diminution de l'épaisseur de la glace sur la Mer de Glace elle-même (40 à 70 mètres) et de ses bassins d'alimentation (10 à 20 mètres); le bilan glaciaire était de 1939 à 1952 entièrement négatif.

La restitution de la mission 1958 comparée avec celle de 1952 met au contraire en évidence une accumulation d'une dizaine de mètres dans les bassins d'accumulation, un bilan approximativement nul au confluent du glacier de Leschaux et du Tacul et une ablation allant jusqu'à 35 mètres d'épaisseur dans la Mer de Glace proprement dite. Toutefois, l'extrémité même de la Mer de Glace a avancé en position planimétrique, alors que son altitude a baissé.

Ces résultats, très généraux, obtenus par une étude comparative rapide des restitutions de 1952 à 1958 ont pu être communiqués aux membres du Symposium le 22 septembre 1958 par l'Ingénieur Géographe BAUSSART.

L'I.G.N. se propose de faire une étude comparative plus détaillée des restitutions de 1958 et d'en publier les résultats.

19 ter. BAUSSART & d'HOLLANDER : Projections stéréoscopiques

L'I.G.N. a présenté aux membres du Symposium dans la soirée du 19 septembre 1958 une projection en relief de vues aériennes stéréoscopiques.

Le Service des Études et Fabrications de l'I.G.N. a étudié et mis au point un appareil de double projection en lumière polarisée permettant de projeter simultanément des vues en relief à un ensemble de spectateurs munis de lunettes polarisées jouant le rôle d'analyseur.

Le but que poursuit l'I.G.N. en présentant cet appareil est de mettre à la disposition de l'enseignement (géographie, géologie, morphologie) l'énorme richesse de sa Photothèque constituée par 1.500.000 clichés couvrant l'ensemble de la France Métropolitaine et de tous les territoires d'Outre-mer.

Les membres du Symposium ont pu assister à la projection d'un échantillonnage de vues très intéressantes au point de vue morphologique et géographique, commentées par l'Ingénieur Géographe d'HOLLANDER.

L'effet de relief obtenu est saisissant; les missions photographiques de l'I.G.N. effectuées en vue d'une exploitation cartographique, les conditions de la prise de vues sont telles que le relief est fortement exagéré. Cette exagération de relief ne nuit d'ailleurs pas au général à la projection, elle permet au contraire de mieux mettre en évidence certains phénomènes et par là même, elle présente un caractère pédagogique indéniable.

L'I.G.N. se charge de monter lui-même les doubles diapositives utilisées dans l'appareil et les cède à des prix modiques.

TIÈME SÉANCE :

MEDI 20 SEPTEMBRE (après-midi)

Présidence : Prof. BAUER

MILLECAMPS & LAFARGUE : An account of an original electro-acoustical method for the study of the mechanism of ice-flow and deformation in the thickness of a glacier.

Ransford :

- 1) Ne devrait-on prendre en considération les variations éventuelles de la vitesse de propagation c en fonction de la direction dans le plan horizontal? Autrement dit, compte tenu l'anisotropie probable de la glace, ne faudrait-il pas écrire : $c = f(x, y, n)$ plutôt que $c = f(n)$?
- 2) Il serait souhaitable semble-t-il d'étudier les erreurs. Le problème est analogue à celui résolu par une triangulation. Ce point est à mon avis seul capital.
- 3) Quelle serait l'influence d'une fissure ou d'une poche remplie d'eau en profondeur?

Finsterwalder :

En ce qui concerne le mouvement spasmodique, FINSTERWALDER rappelle les beaux travaux de G. LINDIG au Gepatsch et Hintereiferner (cf. G. LINDIG : Fernbewegungsmessungen an einigen alpen-Gletschern in : Nachrichten aus den Karten und Vermessungsarsen, Reihe I, Heft B. 7).

TIÈME SÉANCE :

MANCHE 21 SEPTEMBRE (matin)

Présidence : Dr BENDER

DOLGOUCHINE : Les particularités morphologiques essentielles et les régularités des mouvements des glaciers de la marge de l'Antarctide orientale (d'après les observations (les relevés) dans la région des travaux de la partie continentale de l'expédition complexe antarctique de l'Académie des Sciences de l'URSS).

21.1 M. DOLGOUCHINE demande que la carte qu'il fait circuler et sans laquelle le texte est incompréhensible soit publiée. Puis il s'adresse aux membres du Symposium :

« Grâce aux soins des organisateurs de notre Symposium, le texte complet du rapport est imprimé. Vous pouvez le voir dans la publication n° 47. C'est pourquoi je me bornerai à souligner les thèses fondamentales de mes travaux. Avant cela, je vous prie de prendre vos manuels et de faire quelques corrections :

II : 1) Biffez « fig. n° 1 ». Cette figure n'a pas été imprimée.

2) L'échelle de la photographie est 1/50.000 et non 1/500.000.

- 3) La dernière ligne : l'échelle du 1/1.000.000 est à changer par l'échelle du 1/100.
- p. 119 : Au lieu de fig. n° 3, mettre fig. n° 1.
- p. 122 : Au lieu de fig. n° 3, mettre fig. n° 2.
- p. 124 : Au lieu de figure n° 5, mettre fig. n° 3.

Maintenant quelques détails sur le sujet de ce rapport. Les travaux ont été effectués dans le secteur situé entre 64°S et 68°N et 78°E et 111°E. On y reconnaît quatre types principaux :

- 1) la nappe glaciaire continentale,
- 2) les dômes de glace,
- 3) les « Ice shelves »,
- 4) les glaciers d'amoncellement éolien.

Pour le premier type, la nappe glaciaire continentale constitue la base de la glaciologie antarctique. La superficie qu'elle couvre et l'épaisseur de la glace dont elle est composée excèdent de beaucoup tout autre type de glaciers auxquels seul revient le rôle auxiliaire.

Sous ce rapport on doit distinguer : la zone intérieure occupée par la nappe glaciaire continentale et la zone marginale des glaces monticulaires.

Le domaine intérieur de la nappe glaciaire continentale se distingue par son énorme épaisseur de glace. Pour cette raison c'est à peine si le relief des terrains recouverts se reflète à la surface. La morphologie de la nappe glaciaire continentale dépend particulièrement des propriétés de la glace elle-même. Malgré le faible volume des précipitations atmosphériques tombant exclusivement sous forme solide, une accumulation systématique de neige se poursuit dans cette région.

La zone marginale des glaces monticulaires entoure le domaine central de la nappe glaciaire d'une bande allant jusqu'à 100 km. Sur cette dernière se produit une brusque diminution d'épaisseur de la glace, due au fait de l'étalement de cette dernière. Le relief du terrain recouvert se trouve conséquemment reflété dans la morphologie de sa surface. La caractéristique de cette zone est due à l'accélération du déplacement de la glace vers la périphérie de la nappe glaciaire, à la différenciation de l'écoulement de la glace, à la formation d'une grande quantité de fissures, de cordons de poussée, de bombements et de chaînes.

Le régime tempétueux des vents mène à une répartition fort inégale de la neige recouvrant les éléments du relief.

On distingue deux groupes principaux de formes glaciaires dans la zone marginale des glaces monticulaires. Ce sont les versants de glace et les glaciers d'évacuation.

Les versants de glace occupent la majeure partie de la zone marginale. Ils sont inclinés vers le littoral comme les pendages locaux vers les chenaux des glaciers d'évacuation. Les versants de glace sont caractérisés par l'absence d'une nette différenciation des courbes élémentaires.

Les glaciers d'évacuation représentent les secteurs les plus mobiles de la marge de la nappe glaciaire antarctique. Ils occupent approximativement 30 % de la marge. Le trait le plus caractéristique de ces glaciers paraît être le développement d'innombrables fissures et des chaînes glaciaires longitudinales divisées par les dépressions, à leur tour représentant le plus compréhensible surgissent par suite de pressions latérales venant du côté des versants glaciaires qui alimentent le glacier.

Par suite de vitesses plus élevées dans le canal d'écoulement du glacier d'évacuation, les axes longitudinaux de ces plis s'allongent en aval. À l'arrivée dans la mer, le corps du glacier s'effrite, de grandes cassures apparaissent perpendiculairement à la direction du mouvement. S'entrecroisant avec les chaînes longitudinales de poussée, ces cassures brisent le glacier formant des blocs séparés servant de formes génératrices originales aux futurs icebergs. Ainsi la morphologie entièrement originelle est afférente aux icebergs formés aux dépens des glaciers d'évacuation : leur surface est galbée et accidentée d'un dense réseau de fissures entrecroisées (voir schéma présenté).

Quelques notes sur les Ice-shelves. Ce sont de larges dalles de glace, d'une épaisseur relativement faible. Bien que presque entièrement flottantes, elles s'appuient toujours sur un certain nombre de points fixes : des bas-fonds, des îles. Ces formations sont caractérisées

type d'alimentation fort complexe. Le déplacement des glaciers du shelf est dû à l'influence des glaciers d'évacuation par l'action décollante. Le problème de l'étalement des glaciers de shelf est sujet à discussion. Des données très intéressantes sur la dynamique des glaciers de shelf ont été recueillies au cours de la comparaison de leurs tracés d'après les levés de 1956 avec ceux de l'expédition norvégienne de 1937 et de l'expédition américaine de 1947. Il s'est trouvé qu'au cours des 10-20 années passées, les glaciers du shelf Shackleton et Occidental sont restés sans changements quant aux superficies, mais par contre ont subi des modifications considérables de leurs contours.

La région des glaciers d'évacuation a été couverte par deux fois par la photo aérienne à l'échelle de 1/50.000 : le 24 février 1956 et le 11 mars 1957, c'est-à-dire à 380 jours d'intervalle (voir fig. n° 1). Il faut remarquer qu'avant le commencement de nos investigations, nous n'avions pas à notre disposition les données sur les particularités et les vitesses du mouvement des glaciers dans cette région. C'est pourquoi la première étape des investigations n'exigeait que la mesure des vitesses du mouvement des glaciers.

La comparaison des levés répétés nous permet non seulement de mesurer la vitesse de progression des glaciers mais encore de connaître le rythme saisonnier de ce mouvement. Les caractéristiques des vitesses sont données dans la table de la p. 124 et la répartition des vitesses est la p. 123.

Ainsi, le volume annuel de la glace passant du continent à travers la ligne du rivage de la zone glaciaire continentale, dans la région décrite, longue de 71 km, est de $14,5 \text{ km}^3$ de glace, ce qui fait $0,21 \text{ km}^3$ pour chaque km de la ligne du rivage.

La vitesse moyenne est de l'ordre de 600 mètres par an.

Le rythme saisonnier du mouvement des glaciers d'évacuation se trouve distinguement reflété dans le caractère morphologique de la surface des glaciers.

Au cours de la période d'accélération des déplacements dans les régions de deltas, le rythme est occasionné par la formation des fentes de rupture dans leurs parties arrières, tandis qu'en arrière, quand la glace d'estran oppose une résistance frontale à la progression du delta, les dunes de poussée sont formées aux endroits mêmes où les fissures se sont refermées (voir fig. 2, page 122).

Actuellement, nous continuons les investigations dans la même direction, perfectionnant les méthodes appliquées. J'espère que les résultats suivants seront plus étendus et plus précis.

2. Lister :

1) On a criterion of morphology the classification into four types would not seem to be adequate. If class (4) is of importance, then surely class (1) must be further divided.

2) We would agree on the decrease of snowfall with distance from the sea but this may not be the whole story, for such snow fall also decreases with altitude. What is the relative importance of these?

3. Shumski répond à Lister :

On altitudes above 6000 m at 500-600 km inland there is rapid decrease of accumulation of the Antarctic Ice Sheet. Cyclones penetrate in the central part of the Ice Sheet more seldom and quantity of anticyclonic precipitation is relatively low.

Shumski : (supplément)

The geodetic survey and measurements of movement in 1957 near Mount Gauss showed that the Antarctic Ice cap is in nearly steady conditions.

Assuming steady conditions the velocity of movement of the Drygalshy Island Ice Dome according to budgets measurements must increase nearly linearly from zero on the ice divide to $19,6 \text{ m/year}$ at the edge. The last values for the marginal part of the Antarctic Ice Sheet is several hundred meters per year ($600-900 \text{ m/year}$). Direct measurements near Mirny gave

4-45 m/year near the edge. Nevertheless at 25-30 km inland velocity of movement increases to 135 m/year and at 48 km remains 104 m/year. This is the result of concentration of flow in streams in deep valleys in peripheral part of the Ice Sheet. Velocity of movement in Derwent Glacier reaches 1200-1500 m/year while between ice streams it is much lower.

Winter velocity of movement of the marginal part of the Antarctic Ice Sheet is 10-20% higher than summer one.

21.4 Haefeli :

Sur la question de HAEFELI concernant la température moyenne de l'air, M. DOLGOUCHINE répond qu'au niveau de la mer, celle-ci est d'environ de -8 à -10°C . HAEFELI constate que cette température correspond à celle du Jungfraujoch (3450 m) où la ligne de névé se trouve à environ 500 m plus bas. Ceci semble permettre la conclusion que les glaciers de la marge de l'Antarctide Orientale se trouvent presque entièrement dans la zone d'accumulation. M. DOLGOUCHINE répond que dans les parties raides il y a aussi une certaine ablation par évaporation. Ces zones d'ablation se trouvent entre la mer et la cote 300 m.

Sur la question de M. DOLGOUCHINE : comment l'augmentation de la vitesse vers la mer peut être expliquée, M. HAEFELI répond qu'à cette augmentation correspond probablement une diminution de la section vers l'aval.

M. HAEFELI demande si à la décharge des icebergs au front des glaciers de l'Antarctide des phénomènes semblables ont été observés comme ceux du glacier de Rink par Sorge : jets d'eau d'une hauteur jusqu'à 300 m. Ces jets peuvent être expliqués comme une sorte de « coup de Belier » dans le domaine hydraulique. M. DOLGOUCHINE répond qu'en principe oui, mais que les jets d'eau étaient moins hauts qu'au glacier de Rink.

21.5 Nye :

I suppose it is part of the task of our Symposium to indicate the possible growing points of our science. With this in mind let us take note of the following outstanding theoretical problem, namely, to calculate the rate of outflow of an inland ice-sheet. If one assumes that an ice-sheet is in steady state, the problem is easy; given the rate of accumulation one can readily calculate the outward velocity. But what if the ice-sheet is not in a steady state? The problem is then: given the size and shape (and temperature and composition) of the ice-sheet, and given the laws of creep of ice, to calculate the forces in the sheet, and hence the velocities. So far as I know this problem, which is of some importance, is still unsolved.

22. MEIER : Vertical profiles of velocity and the flow law of glacier ice.

Paper read by Prof. SHARP.

22.1 Nye :

This brings me to MEIER's paper and his proposed research projects. I simply want to say that I and some of my colleagues in England have been thinking along very much the same lines and are in complete agreement with MEIER. Indeed 'Mr. WARD and I have in 1957-1958 started a new programme of work on Austerdalsbre, Norway, specifically designed to meet his points (1), (2) and (3).

22.2 Sharp :

I should have mentioned this morning of course that Dr STEINEMANN has made notable contributions on the thermodynamics of flow processes in ice (MEIER's point 4) as outlined in his presentations at this Symposium. Dr MEIER would, I am sure, wish to acknowledge him were he here.

VIÈME SÉANCE :

ANCHE 21 SEPTEMBRE (l'après-midi)

Présidence : Dr RIGSBY

NAKAYA : Visco-elastic properties of snow and ice in Greenland Ice Cap.

Nakaya : (supplément)

Young's modulus is considered to represent the number and size of the bridges between crystals or the component crystals of ice. Snow particles are crushed and piled up, they become consolidated. The Young's modulus of this processed snow increases with time, and reaches a value of Young's modulus of the naturally compacted snow. The internal viscosity or δ is considered to be determined by the nature of the bridges. The value of $\tan \delta$ of ice is measured in the temperature range between -5°C and -185°C . Two maxima were observed; one being at nearly -80°C and the other around -160°C . The former maximum decreases towards the warmer side, as the frequency increases. The latter is independent of the frequency of vibration.

Philberth :

In der komplexen Frequenz λ ist das Dämpfungsdekret ρ enthalten :

$$\lambda = \rho + j\omega, \quad [j = \sqrt{-1}]$$

Es ist möglich dass dieses Dämpfungsdekret wieder 2 Komponenten enthält :

1) die Viskosität,
2) beliebige andere Effekte, die einen Energieverlust bedingen und die nur bei Schwingungen (ω) auftreten; aber nicht bei dauernd fortschreitenden Bewegungen. Dabei ist zu erwarten, dass der Viskositätsanteil (1) nicht von der Frequenz und nicht von der Amplitude abhängig ist. Der andere Anteil (2), der wohl eine Art Hystereseeffekt ist, müsste von der Frequenz und von der Amplitude abhängig sein. Je niedriger die Frequenz und je höher die Amplitude, um so mehr müsste der Viskositätsanteil hervortreten. Die gezeigten, sehr interessanten Messungen des Herrn Prof. NAKAYA geben wohl die Möglichkeit (Maximumverschiebung) diese beiden Komponenten zu trennen.

Steinemann :

It is formally objected that mechanical losses during vibrations of ice-bars can be treated by the Maxwell-model including viscosity; their nature is essentially of the relaxation type similar to DEBEY's treatment of the electrical case. A movement of water molecules must not be expected, it is merely a proton movement connected with electrical lattice faults. Such electrical lattice faults are necessarily associated with structural or chemical faults inside the crystal. ESER, MAGUN, SCHILLER and ZIEGLER at Stuttgart have studied mechanical relaxations in ice. GRÄNICHNER, JACCARD, SCHERRER and STEINEMANN give extensive results on electrical measurements.

A direct correlation of such observations with creep of ice is not yet acceptable. For example, the absence of certain absorptions in single crystals—when compared with polycrystals—shows only that some particular electrical faults associated with the structural heterogeneities are inactive.

Nakaya :

The electrical nature of ice in connection to the mechanical nature is considered to be an interesting and important problem, and the experiment will be forwarded in this line in the near future.

24. RENAUD : Sur la présence et le rôle des impuretés dans les glaciers.

24.1 J. A. Jacobs :

Samples of ice have been taken from the walls of a crevasse in the Salmon Glacier (on the British Columbia - Alaska border) and their tritium content has been analysed. Samples were taken every 6 ft., down to a depth of 78 ft.

DIXIÈME SÉANCE :

LUNDI 22 SEPTEMBRE (matin)

Présidence : Prof. MILLECAMPS

25. NAKAYA : The deformation of single crystals of ice.

25.1 Nakaya :

Besides the pictures reproduced in the text, the following slides were shown.

a) A series of pictures was shown, which reveals the process of formation of small angle boundaries at the point of stress concentration. A diffuse line is observed at the point of contact with the edge by «schlieren photography» and this line develops towards the other side of the sample. When this diffuse line reaches to the other side of the sample, a sharp line representing a small angle boundary appears.

b) A circular cylinder with c -axis 45° with respect to the length is compressed. The top of the cylinder is made to move freely in the horizontal direction, while the compression proceeds. The deformation takes place by the gliding between the elementary layers, the direction of which coincides with that of the maximum shear. Sometimes the fault takes place perpendicular to the elementary layers.

25.2 Nye :

It is perhaps worth mentioning that a general geometrical theory exists which seems to cover all the cases of distortion shown by Prof. NAKAYA in his very beautiful experiments (see J. F. NYE, Acta Met. 1953, Vol. 1, pp. 153-162 and subsequent papers by B. A. BILBY and others in Proc. Roy. Soc. on «continuous distributions of dislocations»). One interesting result is the following. In single glide in a hexagonal crystal, such as ice, the glide planes become bent and distorted in a very complicated way. Nevertheless, provided the crystals are well annealed, the directions of the c -axis in the distorted crystal always remain as a series of straight lines. Also, as BILBY and his colleagues have recently pointed out, the glide planes, although bent, must always be *develorable* surfaces; that is, with one of the two principal

atures at each point equal to zero. It would be interesting if Prof. NAKAYA could test theoretical predictions such as these on his ice crystals.

Lliboutry :

I observed at the front of Glacier Grey (Southern Patagonia) single crystals of ice of 4 inches in diameter, which were easily cleavable with a knife, into slices of about 5 mm

Glen :

Prof. NAKAYA's very beautiful experiments prompt me to make one comment and to ask a question. First, when, some years ago, we did tensile tests on single crystals of ice, we found the ice crystals pulled down locally into a tape (GLEN & PERUTZ, Journal of Glaciology). Sometimes, possibly due to the constraint exercised by the remaining part of the crystal, the crystal was kinked parallel to the direction of tension. This is somewhat like some of the observations NAKAYA has found; I wonder if he has also observed this in tension?

The question I want to ask concerns the separation of the «slip planes» seen in the interferometry technique. The existence of these Schlieren lines shows that NYE's theory is an oversimplification, because it naturally assumes that the dislocations are continuously distributed. It is also of interest that the lines can be seen at all in the straight sided sections, since it means that the ice on either side of the glide planes have had their optical properties changes, e.g. some dislocations may have been left behind on the glide plane.

25.5 I would like to ask another question. Did the crystals always slip parallel to their crystallographic sides irrespective of the orientation of the a -axis?

Haefeli :

1) The application of the deformation laws found by NAKAYA on single crystals to polycrystalline ice, seems to be of special interest.

2) Ice stalactites in crevasses are often exposed to a uniaxial pressure. The deformations observed are similar to those, demonstrated by NAKAYA on single crystals. It is probable that the observed ice stalactites in the crevasses of the cold Jungfrauoch ice cap are not single crystals but polycrystalline ice.

Steinemann :

X-ray investigation on stressed polycrystalline ice plates, especially the splitting-up of lamellae of lane-spots, shows the layer-like fragmentation of the crystals during shear or sliding; the phenomenon is not due to polygonization.

SHUMSKI : The mechanism of ice straining and its recrystallization.

Landauer :

SIPRE has observed a depth-density relationship at Site II, Greenland and at Byrd Station, Antarctica which looks as follows:

Note sections a and c are curved while section b is almost linear. So far we have not been able to express this relationship in any simple yet accurate way. (Fig. 3).

Nye :

I am afraid I disagree with the derivation of both the «drainage term» and the «outflow

term». For the sake of brevity, I will speak only about the outflow term; it seems to me, in great respect, to be wrong both in sign and in order of magnitude. Consider first the mean longitudinal stress $\sigma_x = \frac{1}{2} \rho g z$ is a compressive stress, and, according to Prof. SHUMSKI's analysis, would produce a longitudinal strain-rate which is a compression

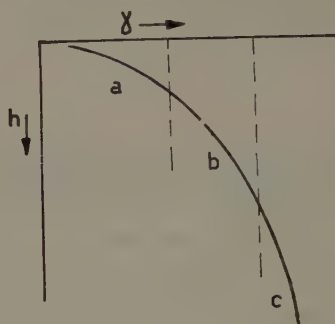


Fig. 3

As I understand it, he then integrates this longitudinal strain-rate to give the «outflow» velocity. Thus his analysis gives a contraction of the ice sheet rather than a spreading. Second, the order of magnitude of $\rho g z$ is some 300 bars, and if this stress acts as Prof. SHUMSKI suggests, the resulting strain-rate would be truly enormous.

We must not forget that in addition to the stress σ_x of order 300 bars, there is also a vertical pressure σ_z which is about equal to σ_x . It is the small difference between σ_x and σ_z which is of order 1 bar, which produces the spreading effect that has to be calculated— σ_x alone.

26.3 Haefeli :

1) Dans la présente communication, on a constaté que l'accélération de vitesse vers l'aval est souvent accompagnée par une diminution de la profondeur du glacier. Ce cas est lié à la condition que le glacier glisse sur son lit et que ce soit une zone de tension. Pour aller à l'extrême, on peut nommer les glaciers suspendus, où la friction sur le lit est relativement faible. Dans la zone de tension la vitesse augmente vers l'aval et la section du glacier diminue réciproquement.

26.4 2) Pour l'origine des bandes bleues, existent plusieurs possibilités. Dans le glacier d'Aletsch, surtout deux processus de formation de «bleu bands» ont été observés:

1. l'eau qui gèle dans les crevasses,
 2. formation sous l'influence d'une forte pression avec un grand déviateur (σ_1).
- On pourrait parler alors d'une métamorphose par pression (Druckmetamorphose).

26.5 Steinemann :

As concerns structural behaviour of ice during flow, laboratory work (Proc. Cham. Phys. Symposium, p. 184-198) indicates the following importance of various processes:

1) Primary recrystallisation is the most effective process governing fabric features under normal strain and recrystallisation conditions;

2) strain-induced grain boundary migration superposes at all stages of strain but is only locally influenced on grain shape (corrugation of limiting surface in presence of orientation anomalies). Such a migration could lead to preferred orientations only after very large strains and give simple patterns as shown by PERUTZ (Proc. Phys. Soc. 52, 132, 1940);

cataclastic phenomena (not including intracrystalline deformation) occur only at stresses exceeding about 10 Kg/cm^2 and are sensibly reduced by hydrostatic pressure;
b) foliation in ice is most probably of metamorphic origin, strains implied being very large (related recrystallisation).

Liboutry :

Il ne faut pas oublier que :

1) toute veine, poche de glace etc. apparaissant dans un glacier est étirée et laminée par le fluage, puisque la vitesse décroît avec la profondeur.

2) la texture cristalline peut être complètement altérée par recrystallisation lors du fluage. Or, qu'on observe dans les bandes bleues près du front du glacier ne peut pas nous indiquer la première.

Le seul aspect qui ne change pas est l'absence de bulles. Il existe sûrement plusieurs processus permettant l'élimination des bulles.

a) Celui indiqué par HAEFELI (regel dans des fissures).

b) Le regel derrière un obstacle du lit.

c) Une élimination directe à la faveur du fluage et de la recrystallisation qui l'accompagne. Dans un tunnel sous-glaciaire naturel qui existe dans le glacier du Charclou (Oisans, Alpes françaises), on peut observer des zones de glace sans bulles, à contours flous, commençant à l'aval et se laminant. Elles apparaissent en plein glacier, à quelques mètres du fond.

Hofmann :

Your new formula for the out-flow law gives an *increasing* speed from the centre of an ice field to the margin. But yesterday you showed a map of the margin of the antarctic ice sheet which indicated a decrease to the coast. Do you have any explanation for this appearance?

Winski :

Yes. The formula was developed for only 2 dimensions. In the Antarctic we have the case of three-dimensional flow which must differ.

Weertman :

We wonder why the slope of the bottom surface is given such emphasis in the equations. You have shown that it is the slope of the upper surface which is most important.

LANDAUER : Some results of ice cap drill hole measurements. The flow law of ice.

Glen :

1) I would like to point out that in tests with a limited time, the tests under lower stresses are not so near to their steady or minimum rates as in longer tests, and that therefore, unless an attempt is made to allow for this fact, the power n obtained will be too small. This may be used to explain why the tests of BUTKOVICH and LANDAUER give a somewhat lower value than others.

2) I would like to ask how the crystals in the orientation marked «hard glide» managed to deform at all. If correctly oriented, basal slip is impossible. Was the deformation due to reorientation?

Or where kink bands or other deformations observed? This question is obviously of great interest to anyone trying to understand how polycrystalline ice deforms?

27.2 Nye :

May I say that I hold no particular brief for a power law of creep in ice. It is per worth noting that the theory I have given for the rate of closure of a tunnel or hole is expressed in such a way that it can be used with any functional relation between stress and strain that the experimentalists may propose.

27.3 Haefeli :

Les observations, les mesures des déformations différentielles et les mesures de vitesse faites dans le glacier de Zmutt s'expliquent bien à la base d'un power law de la forme $\dot{\epsilon} \cong K \cdot \tau^n$ (GLEN).

Voir : HAEFELI-KASSER : Geschwindigkeitsverhältnisse und Verformungen in eisigen Eisstollen des Zmuttgletschers.

U.G.G.I. Assemblée générale de Bruxelles A.I.H.S. Tome I, p. 222, 1951.

27.4 Weertman :

Dr LANDAUER is quite right in pointing out that an activation energy of around 16.000 cal/mole will make the theoretical interpretation of the creep of ice much easier.

I would like to point out that unpublished values of the coefficient of self-diffusion in ice (referred to STEINEMANN) make it quite unlikely that dislocation climb is controlling the creep rate of ice. The theoretical creep rate with climb controlling, comes out to be about 10¹⁰ higher than the observed ones. It therefore seems more likely that a microcreep or Peierls mechanism is rate controlling. If this be the case then the exponent over the stress would be expected to be around 3 instead of the 4,5 for the situation where climb is rate controlling.

The question was raised whether the exponent over stress is the same for single and polycrystalline samples. In pure aluminium at least, an exponent around 4,5 has been observed for both polycrystalline and single crystals.

27.5 Steinemann :

1) Laboratory experiments on uniaxial flow of polycrystalline ice (STEINEMANN, 1958) show that until -22°C the slope in the stress — strain-rate curve (non-constant power law) is independent of temperature for identical stresses.

2) Under the assumption that the power in flow laws of single crystalline and polycrystalline ice is identical, the behaviour of polycrystalline ice would depend principally on two mechanisms (Proc. Chamonix Symposium, p. 191); petrographic evidence is forwarded in this assumption. The behaviour of polycrystalline ice should probably be related to the behaviour of the single crystal as the mechanical coherence is preserved at grain boundaries (no grain boundary sliding).

3) Near the melting point the activation energies of flow in polycrystalline ice are about 30-40 Kcal Mol⁻¹ (GLEN, Proc. Roy. Soc. A 228, 519, 1955; STEINEMANN, Thesis 1958). GRÄNICH estimated the activation energy of diffusion in ice as being about 60 Kcal Mol⁻¹. The Debye dispersion in pure ice has an activation energy of 13,2 Kcal Mol⁻¹ (GRÄNICH, 1957). JACCARD, SCHERRER and STEINEMANN, Far Soc. Disc. No 23, 1957) and (KNEESER, MACSCHILLER and ZIEGLER's, Naturwiss. 42, 437, 1955) mechanical relaxation measurements give about the same value; the mechanism in both cases is a proton transfer connected with electrical faults. Actually, such results scarcely give some insight in the atomic mechanism of flow in ice. Nevertheless the application of electrical measurements to strained ice is probably the most rewarding way of attack to the problem. The necessary theoretical work is probably facilitated by the fact that mechanical movements can be treated as the displacement of electrical charges.

SHARP : Oxygen-isotope ratios and glacier movement

Lister :

Considering both quantity required for sampling and relation to ice, the oxygen isotope would seem to be of greater value for glacier movement study than radio isotopes naturally deposited. This is not denying the value of study of distribution of radio isotopes as suggested yesterday by Prof. RENAUD. From samples collected by FUCH's Antarctic Expedition 1957, it would seem that the concentration of Sr and Cs may be related to the number of snowfalls, not only the total precipitation. This could complicate the detection of such isotopes, intended as trace elements in movement studies.

Glen :

The observations which show that the variations are less in the lower part of the glacier are very interesting. One possible process by which this could happen would be a mixing due to water percolation. I would like to ask if the glaciers are temperate.

VIÈME SÉANCE :

LENDI 22 SEPTEMBRE (après-midi)

Présidence : Prof. MILLECAMPS

PHILBERT : Disposal of atomic fission products in Greenland or Antarctic.

1 Haefeli :

Le temps mis par un grain de glace pour parcourir l'Inlandsis depuis son Centre jusqu'à l'océan dépend beaucoup des conditions de glissement sur la base. Les études thermodynamiques de ROBIN et les sondages sismiques de l'E. P. F. (Holtzscherer) ainsi que les recherches faites sur la calotte de glace froide au Jungfraujoch (Suisse) nous ont mené à l'hypothèse que dans le Centre de l'Inlandsis le seuil (bedrock) du glacier est soumis au permafrost. Dans ce cas, il n'y aurait pas de glissement jusqu'à la zone crevassée, laquelle fonctionnerait comme « Berggründ ». (croquis, voir : Le projet de la participation de la Suisse à l'E. G. I. G. par HAEFELI; Suisse Horlogère 1957, N° 20).

2 P. E. Victor :

- 1) De trois possibilités de disposer des résidus radioactifs (océans, déserts, icecaps) seuls les icecaps semblent donner la sécurité voulue. (à prouver).
- 2) L'antarctique est trop loin et difficile à atteindre. Seul l'Icecap du Groenland pourrait en être considéré.
- 3) Par ailleurs, d'ici 20 ans, nous serons noyés par les résidus radioactifs. Il faut donc que la question soit résolue avant 20 ans.
- 4) L'organisation d'un tel projet (de disposer de ces résidus) à l'allure où vont les choses internationales, il faudrait au moins 20 ans. Donc, il n'y a pas une seconde à perdre.

Ma question est donc :

- a) devons-nous ICI faire quelque chose?
- b) si oui, quoi.

29.3 de Quervain :

1) Regarding the depth of penetration of bombs with atomic waist: Couldn't they be supplied with a heat source of short life so that they would melt themselves deep into the ice?

2) I wish to draw the attention to the fact that any atomic heat source put into the ice would produce a temperature gradient which does change the properties of the firm (conductivity, air permeability and others).

30. WEERTMAN : Traveling waves on glaciers.

30.1 Lliboutry :

A la suite des études théoriques de FINSTERWALDER, LIDTHILL & WHITHAM, NYE et moi-même, l'explication des vagues descendant un glacier semble bien assise.

Nous devons distinguer le cas où le glacier glisse sur son lit de celui où il ne glisse pas. Lorsqu'il glisse (comme je l'ai montré dans le cas de la vague de 1891-1895 sur la Mer de Glace), la friction sur le lit n'est pas changée lorsque la vitesse s'accélère. L'onde peut alors transmettre à une vitesse infinie, comme dans le cas des glaciers flottants, cas examinés par WEERTMAN.

Considérons une vague née dans la zone d'accumulation. Tant que le glacier ne glisse pas sur son lit, elle descend $(n + 1)$ fois plus vite que la glace. Mais si à partir d'un certain point et jusqu'à son front le glacier glisse (cas des fronts flottants), l'avance du front se fait instantanément (fig. a).

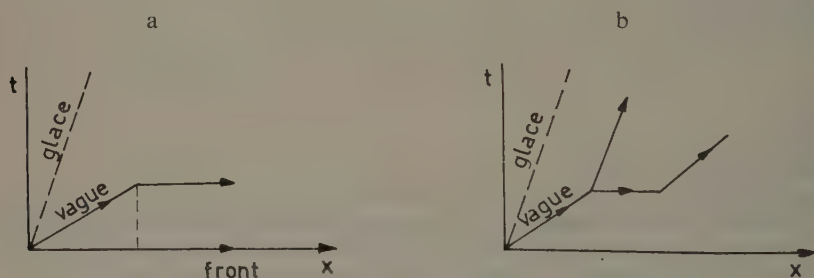


Fig. 4

Un cas très fréquent est celui d'une zone de glissement comprise entre deux zones sans glissement. Comme la vague formée en amont ne peut disparaître instantanément, on a la fig. b : la vague remplacée par deux vagues. Mais souvent la vague est très longue, bien plus longue que la zone de glissement. Aussi les deux se confondent et n'observe-t-on qu'une vague très aplatie. Pour mesurer sa vitesse, on mesure la vitesse de l'avant ou de l'arrière, dans des zones sans glissement.

30.2 Nye :

These wave motions are an interesting example of the time it takes for one branch of science to catch up with another. They were studied in the last century in connexion with flood movements down long rivers. S. FINSTERWALDER independently in 1907 deduced theoretically that travelling waves should occur in glaciers. Prof. F. C. FRANK recently found similar waves in his investigations of the motion of trains of small steps over a crystal face during cry-

with. But it was not until 1955 that Lighthill and Whitam pointed out, in an elegant general treatment, that the river flood waves were merely one example of what was a very general type of wave motion in one-dimensional flow systems. They called the waves «kinematic waves», and they applied their analysis not only to rivers, but also to the movement of vehicle traffic on long roads. Many other examples exist, notably in chromatography (see ARIS, R. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 24, 1952, pp.268-277).

In my recent paper on «Surges in glaciers» (Nye, *Nature* 1958, 181, 1450-1), all I did was to apply Lighthill and Whitam's analysis to glaciers. The mathematics was already worked out in their paper. Weertman, quite independently, has taken the subject a good deal further than I did, and has worked the whole thing out himself.

3 Schimpp :

Velocity-measurements on the Hintereisferner in the year 1952-1954 showed that the seasonal changes of velocity form a wave. In the upper firn-area movement increases suddenly in April. This maximum of velocity travels down the glacier with 50-70 m per day. It reaches the front of the glacier in September and October. The surface velocity in the firn-area is about 10 cm/day, in the middle about 10 cm/day and on the tongue about 3 cm/day.

4 Harrison :

The theoretical prediction of traveling waves in glaciers with wave velocities three to eight times greater than surface ice velocities is indeed interesting, since a wave of this type has been observed on the Nisqually Glacier on Mt. Rainier, Washington. Dr Weertman has made reference to a report of this observation (A. E. Harrison, «Ice Advances during the recession of the Nisqually Glacier», *The Mountaineer*, 43, 7, 1951). It should be pointed out that credit for this observation is due to Arthur Johnson whose measurements furnished the basis for the wave interpretation and the estimate of its velocity (Arthur Johnson, Unpublished Progress Reports of the United States Geological Survey).

Results of measurements at the Coleman Glacier, Mt. Baker, Washington, suggest that similar waves have occurred there. A wave caused by the excess of accumulation in 1953 and 1954 apparently overwhelmed a «trough» formed during 1951 and 1952 and reached the terminus of the Coleman Glacier in 1956 or perhaps even earlier. The distance involved is approximately 1000 feet or 300 meters, indicating a very rapid response at the Coleman Glacier. The existence of troughs has been suspected but this phenomenon has not been verified.

LANGWAY : Bubble pressures in Greenland glacier ice.

5 Landauer :

The fact that a linear relationship is found between bubble pressure and inverse void ratio, as in fig. 3, implies that the atmospheric pressure at close-off has not appreciably changed during the years of accumulation represented in the study. To within the accuracy of this study the elevation at Site II has therefore not changed during this period.

RIGSBY : Fabrics of glacier and laboratory deformed ice.

6 Steinemann :

Postkinematic primary recrystallisation is considered as primary recrystallisation after melting (but during strictly no movement). This is certainly true near and at the melting point.

At low temperatures (arctic ice) there might be some superior limit of strain rate which still give the pattern of postkinematic primary recrystallisation; at higher strain rates, however, the pattern of parakinematic primary recrystallisation should appear.

The beautiful results of RIGSBY show the way to the petrographer's idea: the structure and its symmetry conditions express thermodynamic conditions and the geometry of flow.

32.2 Haefeli :

At the Konkordiaplatz the width of the Jungfraufirn is diminishing from 1600 m to 160 m trough a distance of ca 2000 m. This deformation due to the lateral pressure exerted from the great Aletschfirn on the right and the Ewigschneefeld from the left is accompanied by a typical foliation with blue bands in vertical direction (fig. 5).

The question arises if this foliation can be reproduced by laboratory test. The time used by a ice crystal to move over the above mentioned distance of 2000 m is about 20 years. Differential deformations are measured to find out the state of stresses near the surface of the Glacier (Jungfraufirn).

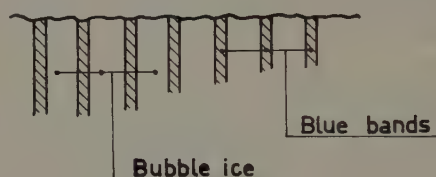


Fig. 5

32.3 Glen :

Dr RIGSBY's observation of two maxima at right angles in the recrystallisation pattern after repeated shearing in a laboratory test are of great interest to me in comparison with STEINEMANN's results.

In RIGSBY's apparatus the two shear couples are treated similarly, and the recrystallisation pattern shows the symmetry of the stress. This, together with STEINEMANN's results on compression tests, tend to show that the instability referred to by NYE in his comments on my paper does not in fact occur. However the results of STEINEMANN's torsion tests show that in this kind of test where the two shears are not treated similarly, develops a pattern that does not have the symmetry of the instantaneous stress, and this case may be the one most commonly met in glaciers.

DOUZIÈME SÉANCE :

MERCREDI 24 SEPTEMBRE (matin)

Présidence : Prof. LLIBOUTRY

33. HIGUCHI : Layer structure of ice crystal revealed by etching figures.

Nakaya :

In some cases tiny spots are observed at the bottom of the etch pits. Electron-microscopic res were taken of these spots under the high magnification of $\times 28.000$, and were found they are hexagonal patterns showing the direction of a -axis.

Me GROVE: Some structures associated with rotational flows in compound and composite cirque glaciers.

Nye :

1) I understand Prof. DOLGOUCHINE to say that the velocity in these cirque glaciers is er at the bottom than at the surface. What is the magnitude of this difference?

2) I think it is inadmissible to infer a vertical velocity distribution simply from the rotation e bedding planes, without taking into account the additional rotation of the bedding es, which can be caused by longitudinal compression.

BOROVINSKY

Makarevitch :

те являюсь специалистом в области элек- агнитометрических методов исследова- Мсье Б. А. Боровинский не присутствует мпозиуме. Поэтому мы будем искренне ударны нашим коллегам, которые в менной форме дадут нам свои вопросы и нания по докладу М. Боровинского. В й же форме мы Вам пришлем обстоятель- ответы.

боты на ледниках Туюксу в 1957 году в рном Тянь-Шане по электророндированию иков проводились в качестве эксперимен- тых. Мы стремились найти пути замены ического метода определения мощности иков более удобным и портативным в виях гор — электромагнитометрическим дом.

е вдаваясь в обсуждение методики этих рений я хочу сообщить, что результаты

электроизмерений мощности льда совпали с данными сейсмозондирования, обработка ко- торых была закончена после напечатания до- клада мсье Боровинского.

Кроме того, скважина, пробуренная на лед- нике Туюксу подтвердила данные измерений мощности сейсмическим и электрометрическим методом.

По сейсмическим данным мощность вблизи конца языка = 53 м, по электрометрическим — 52 м, по бурению — 52 м. Летом этого года электрометрией были охвачены ледники всего бассейна М. Алматинки. Результаты будут опубликованы.

В будущем году мы предполагаем продол- жать одновременно на одних и тех же ледниках сейсмич. и электрометрические измерения, чтобы сопоставить их между собой.

К. Макаревич

RECOMMANDATIONS

Recommandations

38.1 Réunis à Chamonix-Mont Blanc (France) lors du Symposium organisé par la mission des Neiges et des Glaces de l'Association Internationale d'Hydrologie Scientifique on Géodésique et Géophysique Internationale) les glaciologues formulent les mmandations suivantes :

RECOMMANDATION N° 1

CONSIDÉRANT l'importance grandissante des recherches glaciologiques tant du point de vue scientifique que pratique,

— la continuation d'un certain nombre de projets de l'Année Géophysique Internationale alors que le Groupe de travail de glaciologie du C.S.A.G.I. (Comité Spécial de l'Année Géophysique Internationale) cesse en principe son activité à la fin de l'année 1958,

— le manque de coordination internationale en glaciologie démontré par l'échec restreint de renseignements bibliographiques,

RECOMMANDENT la création dans chaque pays d'une commission des neiges et des glaces largement ouvertes à toutes les personnes intéressées, et ceci dans le cadre de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale et de son Association Internationale d'Hydrologie Scientifique,

La création de ces commissions nationales sera réalisée par les Comités Nationaux d'Hydrologie Scientifique, ou à défaut par les organismes nationaux membres de l'U.G.I. Des cotisations modiques doivent permettre le fonctionnement d'un bureau international de coordination. Le programme, modeste au départ, devra comprendre :

- l'échange des listes des membres avec indication du domaine de leurs recherches,
- la diffusion d'informations bibliographiques annotées,
- la continuation de l'action du Groupe de travail de glaciologie du C.S.A.G.I.

RECOMMANDATION N° 2

CONSIDÉRANT l'intérêt pour la glaciologie des résultats présentés au Symposium sur les couvertures photographiques aériennes de l'Antarctique, du Groenland et des Alpes, du point de vue de l'étude des glaciations que de celui de la détermination des vitesses superficielles,

RECOMMANDENT aux glaciologues d'attirer l'attention des Instituts Géographiques et autres organismes susceptibles d'effectuer des couvertures de photographies aériennes des zones englacées sur l'importance capitale que présentent ces documents pour la glaciologie et de s'entendre avec les spécialistes de ces instituts pour choisir la meilleure période pour effectuer les couvertures aériennes.

RECOMMANDATION N° 3

CONSIDÉRANT le succès du Symposium de Chamonix,

RECOMMANDENT l'organisation d'un symposium analogue tous les trois ans et ce tous les ans après l'Assemblée Générale de l'A.I.H.S.

Le sujet de ce symposium devra être fixé lors de l'Assemblée Générale.

Cette manière de procéder permettra :

- de réduire considérablement les communications présentées lors des Assemblées Générales devant la Commission des Neiges et des Glaces dont le sujet restera libre,
- de favoriser lors des Assemblées Générales l'organisation de réunions communes de plusieurs disciplines de l'U.G.G.I.

Chamonix — Mont Blanc, le 24 septembre 1958.

R. FINSTERWALDER (Président)

A. BAUER & U. NAKAYA (Vice-Présidents)

P. D. BAIRD (Secrétaire)

Lettre CIEA

The commission on Snow and Ice of the International Association of Scientific Hydrology held a symposium at Chamonix 16-24 Sept., 1958 on the subject of «Physics of Ice Movement». During the symposium there was a discussion on the possibility of disposal of atomic fission products on the polar ice caps.

In the light of our discussion such disposal seemed a possible solution of the problem. It would be necessary to carry out further research with respect to ice movement physics, hydrodynamics and the physico-chemical behaviour of ice and snow with respect to fission products introduced therein.

We would be very grateful if you would kindly inform us as to whether thorough research of that kind would be of value and necessary. It seems to us that the solution of the problem of disposal of fission products involves great responsibility.

BIBLIOGRAPHIE

PRINCIPES DE GLACIOLOGIE STRUCTURALE

La Pétrographie de la glace comme méthode d'étude glaciologique, par P. A. SCHOUMSKY. Traduit par J. PIETRESSON de SAINT-AUBIN et A. BAUER. Annales du Centre d'Etudes et de Documentation Paléontologique (n° 22 - octobre 1957). Publié avec l'aide du Centre National de la Recherche Scientifique - F. 10.000. Traduction de l'ouvrage de P. A. SCHOUMSKY : Osnovy strukturnogo ledovedeniya. Petrografiya presnogo l'da kak metod glyatsiologicheskogo issledovaniya. Moskva, 1955. Isdatel'stvo Akademii Nauk SSSR. 492 p. 119 illustr., 22 cm; 22,25 roubles.

PRÉFACE A L'ÉDITION FRANÇAISE

Les traités de glaciologie peuvent se classer en deux catégories. La première englobe les ouvrages d'étude des glaciers (Gletscherkunde). Elle est de loin la plus fournie. Les plus connus sont ceux de H. HESS, DRYGALKY, FLINT. L'autre, brisant le cadre trop étroit d'une glaciologie limitée à la science des glaciers groupe les ouvrages de glaciologie au sens large du mot. Citons les plus importants, ceux de DOBROWOLSKI, PAULCKE, de l'école de NIGGLI (BADER, HAEFELI, M. de QUERVAIN).

Tous ces ouvrages, même les derniers, sont aujourd'hui largement dépassés, et il n'existait pas de traité moderne de glaciologie. Le traité de glaciologie structurale de SCHOUMSKY comble heureusement cette lacune. C'est actuellement le seul ouvrage de glaciologie qui aborde l'étude de la glace avec la largeur de vue nécessaire pour réaliser la synthèse de l'ensemble des connaissances dans ce domaine. Les propres recherches de l'auteur lui confèrent l'autorité pour exposer avec bonheur d'une façon systématique les acquisitions anciennes et récentes de la connaissance de la cryosphère.

Nous sommes heureux de présenter une traduction française de cet ouvrage. Il rendra de nombreux services à tous ceux qui, de près ou de loin, s'occupent de glaciologie : chercheurs, étudiants, ingénieurs, géophysiciens s'occupant de l'investigation de l'Indlandsis Antarctique pendant l'Année géophysique Internationale ou de l'Indlandsis du Groenland pendant l'Expédition glaciologique Internationale du Groenland.

La traduction d'un tel ouvrage pose, entre autres, un problème de terminologie. Il nous aura été difficile de créer délibérément une terminologie française systématique non consacrée par l'usage, comme par exemple glace imposée, réimposée, surimposée, etc. Nous avons préféré nous tenir autant que possible à la traduction des termes russes, ce qui a entraîné une certaine lourdeur du texte. Le lecteur voudra nous en excuser.

Nous pensons que les résultats des grandes entreprises de recherche glaciologiques déjà citées manqueront pas peu de susciter certains glaciologues occidentaux à rédiger de nouveaux traités de glaciologie et à créer une terminologie universellement acceptée et rodée par l'usage. L'ouvrage de SCHOUMSKY les aidera, car il restera fondamental.

Strasbourg, juillet 1957
A. BAUER

TABLE DES MATIÈRES

Préface .....	.....
Introduction .....	.....
La Glaciologie Structurale .....	.....
Rôle de la glace dans la structure de la Terre .....	.....
Première Partie .....	.....
MINÉRALOGIE ET CRISTALLOGRAPHIE DE LA GLACE .....	.....
Chapitre I — Minéraux du groupe glace .....	.....
Chapitre II — Structure et symétrie des cristaux de glace .....	.....
Chapitre III — Propriétés physiques principales de la glace .....	.....
Chapitre IV — Formation des cristaux de glace .....	.....
Chapitre V — Croissance et forme des cristaux de glace .....	.....
Deuxième Partie .....	.....
Pétrologie de la glace .....	.....
Généralités .....	.....
Chapitre I — La glace, roche de profondeur .....	.....
Chapitre II — Les Mélanges .....	.....
Chapitre III — Méthodes d'étude pétrographique de la glace .....	.....
La glace de congélation .....	.....
Chapitre IV — Glace de congélation .....	.....
Chapitre V — Variétés et formes de gisement de la glace de congélation .....	.....
Glace sédimentaire .....	.....
Chapitre VI — Dépôt de la couverture neigeuse .....	.....
Glace métamorphique .....	.....
Chapitre VII — Revue des processus de métamorphisme des roches glaciaires .....	.....

Chapitre VIII — Formation de la glace métamorphique	140
Chapitre IX — Dynamométamorphisme de la glace	169
Chapitre X — Thermométamorphisme de la glace	202
Chapitre XI — Cycle du métamorphisme de la glace sédimentaire	205

Troisième partie

Géographie de la glace

Chapitre I — Caractères des processus de formation de la glace	207
Chapitre II — Zones de formation de la glace	216
Chapitre III — Distribution des processus de dynamométamorphisme	238
Chapitre IV — Structure de la cryosphère	241

PUBLICATIONS DE L'A. I. H. S.

encore disponibles

I. COMPTES-RENDUS ET RAPPORTS

Publ. n° 3	— 1926 — Notes et communications	50	F Belges
Publ. n° 6	— Rapports sur l'état de l'hydrologie	25	»
Publ. n° 7	— Id.	25	»
Publ. n° 8	— Id.	25	»
Publ. n° 9	— 1927 — Note et communications	50	»
Publ. n° 13	— 1930 — Réunion du Comité Exécutif	25	»
Publ. n° 14	— 1930 — Commission des Glaciers	25	»
Publ. n° 15	— 1930 — Rapports italiens : Stockholm	50	»
Publ. n° 17	— 1931 — Communications à Stockholm	50	»
Publ. n° 18	— 1930 — Réunion de Stockholm	25	»
Publ. n° 19	— 1931 — Etudes diverses	75	»
Publ. n° 21	— 1934 — Réunion de Lisbonne	50	»
Publ. n° 23	— 1937 — Réunion d'Edimbourg (Neiges et Glaces)	300	»

Assemblée d'Oslo 1948

Publ. n° 28	— Résumé des rapports	25	»
Publ. n° 29	— Tome I — Potamologie et Limnologie	200	»
Publ. n° 30	— Tome II — Neiges et Glaces	200	»
Publ. n° 31	— Tome III — Eaux Souterraines	200	»
	Les 4 tomes ensemble	550	»

Assemblée de Bruxelles 1951

Publ. n° 32	— Tome I — Neiges et Glaces	300	»
Publ. n° 33	— Tome II — Eaux Souterraines et Erosion	250	»
Publ. n° 34	— Tome III — Eaux de Surface	350	»
Publ. n° 35	— Tome IV — Symposia sur Zones Arides et crues	125	»
	Les 4 tomes ensemble	900	

Assemblée de Rome 1954

Publ. n° 36	— Tome I — Erosion du Sol, Précipitations, etc.	300	»
Publ. n° 37	— Tome II — Eaux Souterraines	450	»
Publ. n° 38	— Tome III — Eaux de surface	425	»
Publ. n° 39	— Tome IV — Neiges et Glaces	375	»
	Les 4 tomes ensemble	1350	»

Symposia Darcy — Dijon 1956

Publ. n° 40	— Evaporation	100	»
Publ. n° 41	— Eaux souterraines	250	»
Publ. n° 42	— Crues	300	»
	Les 3 tomes ensemble	550	»

Assemblée de Toronto 1957

Publ. n° 43 — Erosion du sol — Précipitation	300	»
Publ. n° 44 — Eaux souterraines — Infl. Végétation — Rosée	300	»
Publ. n° 45 — Eaux de surface — Evaporation	300	»
Publ. n° 46 — Neiges et Glaces	300	»
Les 4 tomes ensemble	1100	»
Publ. n° 47 — Symposium de Chamonix, Physique du mouvement de la glace	300	»

II. BIBLIOGRAPHIE HYDROLOGIQUE

1934 (Egypte, France, Indes, Italie, Lettonie, Maroc, Pays Baltes, Roumanie, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Tunisie, Pologne — en 1 vol. 100 F Belges

<i>Argentine</i>	<i>Pays-Bas</i>	<i>Japon</i>
début à 1954 — 25 FB.	1934 — 20 FB.	1935 — 20 FB.
	1935-1936 — 35 FB.	1936 — 10 FB.
	1937 — 20 FB.	
	1938-1947 — 30 FB.	
<i>Allemagne</i>	<i>Portugal</i>	<i>Maroc</i>
1936 — 25 FB.		1935-1936 — 10 FB.
1937 — 20 FB.		
1945-1949 — 30 FB.	1924-1954 — 40 FB.	
1950 — 30 FB.		
1951 — 35 FB.	<i>Afrique du Sud</i>	<i>Pologne</i>
1952 — 35 FB.	1940-1950 — 25 FB.	1935 — 20 FB.
1953 — 35 FB.		1936 — 25 FB.
1954 — 35 FB.	<i>Autriche</i>	1937 — 20 FB.
1955 — 35 FB.	1934 — 10 FB.	1938 — 20 FB.
	1935 — 10 FB.	1945-1948 — 35 FB.
	1936 — 10 FB.	1949 — 30 FB.
	1945-1955 va paraître	1950 — 30 FB.
		1951 — 30 FB.
		1952 va paraître
		1953 — 30 FB.
		1954 — 30 FB.
<i>Egypte</i>	<i>Bulgarie</i>	<i>Australie</i>
début à 1954 — 10 FB.	1935 — 10 FB.	1937 — 10 FB.
	1936 — 10 FB.	
	1937 — 10 FB.	
<i>Etats-Unis (+ Canada)</i>	<i>Espagne</i>	<i>Belgique</i>
1936 — 30 FB.	1940-1950 — 25 FB.	1935 — 10 FB.
1937 — 30 FB.	1951-1952 — 10 FB.	1936 — 10 FB.
1938 — 30 FB.		1937 — 20 FB.
1939 — 30 FB.		1938-1947 — 40 FB.
1940 — 30 FB.		1948-1952 — 30 FB.
1941-1950 — 100 FB.		1952-1957 va paraître
1951-1954 — 60 FB.		
<i>Italie</i>	<i>France</i>	
1935-1936 — 20 FB.	1935-1936 — 25 FB.	
1937-1953 — 30 FB.	1937 — 15 FB.	
	1938 — 15 FB.	
	1946-1951 — 20 FB.	
	1952 — 20 FB.	
	1953- ? va paraître	
<i>Lithuanie</i>		
1935-1938 — 40 FB.		

<i>Danemark</i>	<i>Norvège</i>	<i>Tchécoslovaquie</i>
1937-1947 — 20 FB.	1940-1950 — 20 FB.	1935 — 25 FB.
		1936 — 25 FB.
<i>Esthonie</i>	<i>Suède</i>	1937 — 25 FB.
1936-1938 — 25 FB.	1935-1936 — 10 FB.	1938 — 40 FB.
	1937 — 10 FB.	1939 — 35 FB.
<i>Grande-Bretagne</i>	1939-1947 — 20 FB.	1940 — 35 FB.
1936-1937 — 20 FB.	1948-1952 — 15 FB.	1941 — 30 FB.
		1942 — 35 FB.
		1956 — 40 FB.
	<i>Suisse</i>	
<i>Indes</i>	1939-1947 — 30 FB.	<i>Yougoslavie</i>
1936-1952 — 60 FB.	1948-1952 — 30 FB.	du début à 1954-20 FB.
	1952-1954 — 30 FB.	
<i>Irlande</i>		<i>Hongrie</i>
1934-1949 — 10 FB.		1945-1954 — 50 FB.
<i>Lettonie</i>		<i>Israël</i>
1934-1938 — 30 FB.		début 1945 — 20 FB

III. BULLETIN DE L'ASSOCIATION D'HYDROLOGIE

Ce bulletin paraît quatre fois l'an depuis 1952. Il comprend une partie réservée à l'information et une partie scientifique.

Prix de l'abonnement : 150 FB.

IV. PUBLICATIONS DIVERSES

- | | |
|--|-------------|
| 1. Quelques études présentées à Washington 1939 | 50 F Belges |
| 2. Etudes présentées à la Conférence de la Table Ronde sur la
possibilité d'utilisation des laboratoires d'hydraulique pour
les recherches hydrologiques | 75 » |
| 3. Crues de 1954 — 1 publ. autrichienne
1 publ. allemande | 75 » |
| 4. Rapports de l'Inde au Symposia Darcy à Dijon | 50 » |



since 1865

Meteorological Instruments

for barometric pressure
temperature
humidity
wind
precipitation
evaporation
radiation of sun and sky

Hydrological Instruments

water level recorders: float gauges
pneumatic gauges
electrical remote recorders

Catalogue material on request

R. FUESS

Precision Instrument Manufacturers

Berlin-Steglitz, Düntherstrasse 8 (American Sector)

RIMERIE CEUTERICK

(Belgique)

VIENT D'ACHETER RUE DE BRUXELLES UN TERRAIN DE 67 ARES.
EN VUE D'Y INSTALLER D'ICI DEUX ANS L'UN DES ATELIERS
LES PLUS MODERNES DE BELGIQUE.

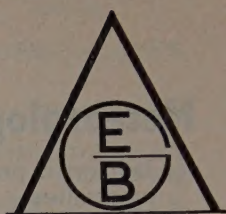


Liures

*Périodiques scientifiques
et autres*

Tous autres travaux courants

NOUVEAU COMPLEXE VOUS DISPOSEREZ : D'UN PARKING SPACIEUX, D'UN BUREAU AGRÉABLE POUR Y CORRIGER
ES, DE LA POSSIBILITÉ D'Y RENCONTRER VOS RELATIONS DANS UN CADRE REPOSANT.



ERKELENZER BOHRGESELLSCHAFT m. b.

Erkelenz, Gerhard-Welter-Strasse 43, Tel. 26.41, Fernschreiber 0834)811
Düsseldorf, Kapellstr. 12, Tel. 477 50 und 59, Fernschreiber 0858/4926

Erkelenz Tiefbohrungen

DIAMANT-KERNBOHRUNGEN

bis 2000 m Teufe

ROTARY COUNTERFLUSH-BOHRUNGEN

TROCKENBOHRUNGEN

für Bodenuntersuchungen mit Spezialgeräten, für ungestörte Bodenproben

INJEKTIONSBOHRUNGEN

mit Verpressungen

Wasserwerks- und Brunnenbau

WASSERWERKSANLAGEN

für Industriewerke und Wohngemeinden

TIEFBRUNNEN

WASSERREINIGUNGSANLAGEN

PUMPWERKE

GRUNDWASSERABSENKUNGEN

Düsseldorf Rohrleitungen für

WASSERVERSORGUNG UND WASSERKRAFTWERKE

GASVERSORGUNG UND GASFERNLEITUNG

DAMPFKRAFTWERKE

Dampf-Fernleitungen, Fernheizanlagen

MINERALÖL-INDUSTRIE

CHEMISCHE INDUSTRIE

Gummierte Rohrleitungen

BERGWERKE

Wasserhaltung

APPARATE

Kondensat-Rückspeiseanlagen, Automat. Heberanlagen

ARMATUREN

Stopfbuchsen, Dehnungsausgleicher

ROHR-DUKER

in Stahl- und Gusseisenrohren

HYDRAUL. ROHRDURCHDRÜCKUNGEN

bei Strassen- und Eisenbahnkreuzungen

Wir übernehmen die PROJEKTIERUNG und AUSFUHRUNG vollständiger Anlagen.

(35.838) Etablissements Ceuterick, s. c., 66, rue V. Decoster, Louvain
Dir. L. Pitsi, 25, rue Dagobert, Louvain (Belgique)

Imprimé en Belgique.

PRINTED IN BELGIUM



